RESEARCH REPORTS · CAHIERS DE RECHERCHE

Canadian Transport Commission
Research Branch

Commission canadienne des transports
Direction de la recherche

An Empirical Investigation of Production Technology of Canadian Air Services

No. 1985/03E

Canada

AN EMPIRICAL INVESTIGATION OF PRODUCTION TECHNOLOGY OF CANADIAN AIR SERVICES

by

Roger Roy

and

Diane Cofsky

CANADIAN TRANSPORT COMMISSION
Research Branch
Economic and Social Research Directorate
Report No. 1985/03E
April 1985

First Printing, August 1985

Canadian Transport Commission
15 Eddy St., 15th floor, Ottawa-Hull K1A 0N9

©Minister of Supply and Services Canada 1984
Catalogue Number TT72-1985/03
ISBN 0-662-53906-0

Printed in Canada

Commission canadienne des transports
Canadian Transport Commission

FOREWORD

This paper entitled "An Empirical Investigation of Production Technology of Canadian Air Services" studies the cost structure of the Level I air carriers. The carriers included are: Air Canada, CP Air, Pacific Western Airlines, Nordair, Quebecair and Eastern Provincial Airways. The study can be seen as an extension of an earlier CTC study entitled: "Economies of Scale in the Airline Industry".

The text is comprised of two main parts. The first one presents the empirical results derived from the estimation of a cost function. The second introduces the new theory of contestable markets to derive policy implications from the empirical results. The paper was prepared by Roger Roy and Diane Cofsky of the Economic and Social Research Directorate.

This report is released as a contribution to public discussion on the important issue of economies of scale in a changing airline industry environment. However, the opinions expressed are those of the authors and do not necessarily reflect the view of the Canadian Transport Commission.

Yves Dubé
Vice-President (Research)

Canada

Acknowledgements

The authors wish to thank the individuals who, at one stage or another of this study, provided their valuable comments. The following must receive special thanks: Dr. George Hariton, Dr. Richard Lake, Julius Serafin, Dr. Mara Lee McLaren, John Gibberd, Jean-Pierre Roy. The authors would like to express their indebtedness and gratitude to Richard Fosbrooke, Dr. John A. Greig, Dan Laprade and Michel Roland, who patiently and carefully reviewed various drafts of this study and made valuable suggestions. The authors acknowledge the assistance of Sandra Thompson and Bev Cleary. Also, the authors appreciate the assistance with the data received from the Aviation Statistics Centre. The typing was handled efficiently by Louise Henry and Joanne Berlinguette. Needless to say, the authors, and no individual mentioned above, take full responsibility for the contents of this study.

TABLE OF CONTENTS

PREFACE		iii
ACKNOWLEDGEMENTS		v
TABLE OF CONTENTS		vii
INTRODUCTION		1
PART I	Empirical results	5
	I.1 Introduction	7
	I.2 Methodology	9
	I.3 Measurement of factor substitution	14
	I.4 Scale and scope effects	22
	I.4.1 Tests of overall economies of scale and overall economies of scope	23
	I.4.2 Empirical results on the effects of scale and scope	25
	I.4.3 Product specific economies of scale and economies of scope	36
	I.5 Technological change	41
	I.6 Comparison	44
PART II	Observations from empirical evidence leading to policy design	53
	II.1 Introduction	55
	II.2 Elements determining a market structure	56
	II.3 Contestable markets	61
	II.4 Observations which have policy connotations	67
CONCLUSION		73
BIBLIOGRAPHY		77
APPENDIX 1	The hybrid translogarithmic cost function	81
APPENDIX 2	Global economies of scale and total economies of scale	85
APPENDIX 3	Test of the cost function form	87
APPENDIX 4	Marginal cost curves	97

LIST OF TABLES

		Page
Table 1	Estimated elasticities of substitution from the three outputs total cost function, by carrier for selected years	17
Table 2	Estimated elasticities of substitution from the three outputs variable cost function, by carrier for selected years	18
Table 3	Estimated own-price elasticities from the three outputs total cost function, by carrier for selected years	20
Table 4	Estimated own-price elasticities from the three outputs variable cost function, by carrier for selected years	21
Table 5	Local measurement of economies of scale	28
Table 6	Estimated parameters of the three outputs cost functions	29
Table 7	Estimates from the three output total cost function of global economies of scale, by carrier for specific years	30
Table 8	Estimates, from the three outputs variable cost function, of global economies of scale, by carrier for specific years	30
Table 9	Empirical evidence on cost complementarities between air services in the Canadian airline industry	32
Table 10	Estimated parameters of the one output cost functions	34
Table 11	Estimates of global economies of scale from the one output cost function	35
Table 12	Empirical evidence on economies of scale in the Canadian airline industry	40
Table 13	Empirical evidence on product specific economies of scope in the Canadian airline industry	40
Table 14	Comparison of Gillen and Oum work with Cofsky and Roy work	49
Table 15	Ratio of annual revenues to total investment and of accumulated depreciation to investments, for the year 1981	61
Table A.3.1	Likelihood ratio tests for the one output cost functions	91
Table A.3.2	Likelihood ratio tests for the three outputs cost functions	92

LIST OF FIGURES

Figure A.4.1	Marginal cost of total output by carriers	97
Figure A.4.2	Marginal cost of passenger services by carriers	103
Figure A.4.3.	Marginal cost of charter services by carriers	109

INTRODUCTION

The present study on the cost structure of Canadian air carriers can be seen as an extension of an earlier CTC study entitled "Economies of Scale in the Airline Industry"[1]. The earlier study started with a description of the theory behind the concept of economies of scale. It followed with a survey of the literature on economies of scale for the airline industry and then proceeded with a methodological discussion that lead to a presentation of empirical results on the effects of scale in the Canadian airline industry.

While the present study is entitled "An Empirical Investigation of Production Technology of Canadian Air Services", both studies explicitly recognize that returns to scale have an important bearing on market organization and the role of governmental involvement. The present study, however investigates other concepts relative to the determination of market structure, mainly concepts which acknowledge the multiplicity of the services offered by air carriers.

The study is divided into two parts. The first part presents an analysis of the empirical results derived from estimated cost functions for the air transport industry in Canada. It offers insights on the overall scale economies and leads into the analysis of concepts that recognize the multiplicity of products offered by air carriers. In the second part, the objective is to translate the empirical results into policy implications. In order to do so, what is needed to define an appropriate market structure

for an industry is discussed. Thereafter, certain new-advances in the industrial organization literature, regrouped under the appellation of contestable markets, are introduced. Their introduction is required to make effective use of the empirical evidence for policy design. Finally, some broad observations are derived from the application of the contestability theory of industry structure to the Canadian air transport industry. These observations have some general policy implications.

FOOTNOTE

1 Roger Roy, Economies of Scale in the Airline Industry, Canadian Transport Commission, Research Branch, Report No. 10-80-06.

PART I

EMPIRICAL RESULTS

I.1 Introduction

The concept of production refers in a general sense to the creation of any good or service. Even in the presently advanced state of automation, every act of production requires the input of human resources. But other inputs are usually required as well. In particular, production normally requires various types of capital equipment and raw or processed materials. The theory of production analyses how the businessman or the entrepreneur--given the "state of the art" or given the technological relation between output and inputs--combines various inputs to produce a stipulated output in an economically efficient manner. Therefore, the quantity of output depends upon or is a function of the quantities of the various inputs used.

The inputs for an airline service can be broken down according to such factors as capital, labour and fuel. The cost of buying the aircraft which includes financing charges, can be considered as "capital". Flight crew wages, aviation gas, maintenance and landing fees constitute major operating costs. But there are other costs, such as ground operating costs and system operating costs, as well. However, matters can be simplified by saying that air transportation of passengers and cargo are produced by putting together an aircraft, a flight crew, fuel, and a landing strip for each flight. When the production function of airline services is viewed in such simplified terms, it does not differ significantly from one airline to another. The relative homogeneity of the airline production function relates to the type of technology that airlines have to use to provide their services. For airline services, the

production function will be homogeneous among firms which use similar inputs in a similar fashion (e.g. over a similar network).

It is possible from the production function to derive different input combinations that may be used to produce a specified level of output. When airlines are using the same type of aircraft, the same number of flight personnel and the same type of fuel, differences between airlines can still be observed in the actual amounts used of each factor. Such differences can be explained, in part, by the deployment of inputs which is established by management. Since different combinations of inputs can produce a given level of output, it implies that one input can be substituted for another in such a way as to maintain a constant level of output. Resource prices, on the other hand, establish the various combinations of inputs that may be purchased for a stipulated amount of expenditures.

I.2 Methodology

In general there are three characteristics of production which are of interest:

- factor substitution possibilities
- output expansion effects (scale effects), and
- the rate and bias of technological progress.

It is the second characteristic which, traditionally, has received the most attention in a regulated industry like the air transport industry. The reason for this stems from its connection to the whole question of natural monopoly. In a dynamic context, the estimation of the rate of technical change is also an input to the natural monopoly issue.

The curvature of the production function, representing returns to scale, shows the changes in productivity that occur as the input and output levels change with more efficient production. Technological change which leads to the introduction of new, more efficient production processes, will shift the production function. Observed productivity can therefore be altered by efficient production, scale economies and technological change. The estimation of production functions and multi-output production transformation functions is a problem-ridden task. Nevertheless, because of duality theory, an empirical analysis of the production technology of the firms in an industry can be conducted in terms of firms' cost functions and their properties; this is the approach used here.

By using the duality between cost and production, it becomes possible to represent the production process by a structure of technology sufficiently general so as to capture its important features. This study explores several determinants of market structure and presents empirical results emanating from the application of relatively new techniques to the Canadian airline industry. A second order flexible functional form is utilized. The major advantage of this form is its ability to represent multi-input, multi-output production processes characterized by variable elasticities of substitution and transformation, non-homothetic output expansion effects[1], and biased technical change[2]. Some of the earlier attempts to estimate the air service production process[3] employed functions which implied unitary, or at least constant elasticities of substitution and transformation, homogeneous expansion effects and Hicks-neutral technical change[2]. The above restrictions are inappropriate for the airline industry (see Appendix 3).

In this analysis, the cost function is placed at the centre of the estimation procedure. The preference for the cost function over the production function rests on the advantages of the cost function. Important public policy issues in the airline industry, such as the control of entry, require a knowledge of the cost structure and the most direct way of obtaining the needed information is from the cost function. The individual firm being the observation unit, factor prices are more likely to be exogenous than factor inputs, reducing the possibility of bias. It is easier to specify a functional form which represents a sufficiently general technology using a cost function, particularly when output disaggregation is necessary. Shephard's lemma provides a direct and simple

way of generating a system of factor demand functions; then, estimating the demand system with the cost function increases the number of observations without increasing the number of parameters[4].

The estimation of the cost function has the disadvantage of requiring the assumption of a cost minimizing behaviour. Such an assumption has only limited applicability to regulated industries where regulated prices do not provide the same discipline as market prices in assuring cost minimizing behaviour. Airlines do have to face pressures from other modes of transport in given markets. Furthermore, the production of air transport services is characterized by the use of physically long-lived capital equipment. Hence, a dynamic intertemporal cost-minimizing model with increasing marginal costs of adjustment is appropriate. But two polar case approximations to this model can be used: (1) a long-run constant marginal costs of adjustment (the unrestricted cost function referred in the text as being the total cost function) or (2) a model which does not attempt to explain the time path of capital services and treats capital as exogenous (the restricted cost function called the variable cost function in the text).

This study uses the translog second order approximation to an arbitrary cost function[5]. The translog approximation to the cost function takes the form:

$$\ln C = \alpha_o + \sum_m \alpha_m \ln Y_m + \tfrac{1}{2} \sum_m \sum_n \gamma_{mn} \ln Y_m \ln Y_n + \sum_i \alpha_i \ln P_i$$
$$+ \tfrac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln P_i \ln P_j + \sum_m \sum_i \gamma_{mi} \ln Y_m \ln P_i + \theta_t \ln T + \theta_{tt} \ln T \ln T$$
$$+ \sum_i \theta_{ti} \ln T \ln P_i + \sum_m \theta_{mt} \ln Y_m \ln T$$

where Y_m represents the output m, P_i the price of the input i, T a trend variable and C the total cost. This cost function can correspond to a production function meeting the criteria of the theory of production if it is homogeneous of degree one in factor prices. This homogeneity criteria assumes that a proportional increase in all input prices makes the total cost go up in the same proportion.[6]

This study of Canada's air services industry focuses on the country's six major air carriers: Air Canada, CP Air, Pacific Western Airlines (PWA), Nordair, Quebecair and Eastern Provincial Airways (EPA). For each of these carriers, the data cover the years 1968 to 1981. Thus it was possible to pool the data from each carrier to increase the number of observations used in estimating cost functions.

The translogarithmic cost function has among its independent variables the output variables. In the context of air transport, it is important to recognize the multiplicity of services offered. This multiplicity has been taken into account in two ways. First, an output index has been constructed taking eight types of output into account. This is a Divisia index which uses the relative proportions of revenues to weight the following eight outputs: first class passenger services, economy class passenger services, freight, mail, baggage, express, charter and specialized services. This way of measuring the various outputs of the carriers, however, is equivalent to a single output function. In the second place, three outputs have been selected in a cost model: unit-toll passenger air services measured in revenue passenger-miles, air freight services measured in revenue ton-miles and chartered passenger and freight

services, also measured in revenue ton-miles. This classification groups unit-toll first class and economy class passengers in one category - unit-toll passenger; it also groups freight, mail, baggage and express in a single category and charter services in a third.

In the context of specifying the translogarithmic cost function, four inputs were selected. The prices of these inputs appear in the cost function. The various inputs for each carrier are measured in the following units: capital as an average rate of financing investment costs; materials as an index[7]; fuel as the price per BTU; and labour as an average yearly salary.

I.3 Measurement of Factor Substitution

The nature of the markets in which inputs are purchased has some impact on an industry's conduct and performance. If no particular firms have any advantages over others, such as superior bargaining power with suppliers, then the supplying markets will have neutral effects on the industry's performance. If, for some input markets, neutrality conditions do not prevail, the conduct and performance of the industry buying them can be affected in various ways. For example, if pilot services are paid for according to an industry-wide collective agreement, the same wage will apply to all pilots within the industry, irrespective of the employing carrier. However, if each carrier bargains with its own pilots, the wage bargainning process will account for the ability to pay of each carrier.

For airline operations, some of the inputs are purchased in competitive markets, while others are not. For a given city-pair served by a given technology, (e.g. Toronto-Vancouver), fuel, landing facilities and aircraft have, in fact, a relatively insignificant effect on the relative costs of the firms. On the other hand, the labour and capital markets contain a much wider variation in relative factor prices, based on differences in factor availability.

The differences in relative factor prices explain why factor mix differs between airlines. Despite the fixed relationships between crew size, fuel and a given level of seat-miles for a particular plane type, variable proportions characterize the production function for airline services. Factor substitution can be achieved through the choice of the

plane, the bigger plane being more capital intensive and labour conserving than the smaller one.

In fact, to some extent, it is those input market prices which will dictate to the entrepreneur, the optimal way of combining resources. The physical conditions of production, the price of resources (inputs), and the economically efficient conduct of an entrepreneur jointly determine the cost of production of a business firm. The entrepreneur, deciding which operating input combination to choose, has to account for relative input prices to minimize the cost of producing a given output or maximize output for a given level of cost. Thus, each level of output has an associated total cost and relating total cost to the level of output defines the cost function. When a process of production is analyzed, it is convenient to look at the related costs of production. Knowledge on costs supplies the basis for studying the pricing practices of business firms.

From a theoretical point of view, the optimum combination of production factors is attained when the relative marginal productivity of one factor with respect to another is equal to the ratio of their prices. If the price of one factor varies, equality no longer prevails and substitution among factors will occur until equality is restored. The measurement of this substitution among factors following a change in price is called the elasticity of substitution. For a production process involving three or more factors, Uzawa (1962) has derived the Allen partial elasticity of substitution (APES) from the cost function, taking the factors two by two. If two factors are poor substitutes for each other, only minimal substitution will be caused by a price change in one factor.

If two factors are ideal substitutes, a price increase in one will bring about a considerable increase in the quantity used of the other. The APES between factors i and j can be calculated from the cost function C as:

$$\sigma_{ij} = \frac{C\, C_{ij}}{C_i\, C_j}$$

where $C_{ij} = \dfrac{\delta^2 C}{\delta P_i \delta P_j}$ and $C_i = \dfrac{\delta C}{\delta P_i}$

Transposed to the translogarithmic cost function, this formula becomes

$$\sigma_{ij} = \gamma_{ij} + D_i\, D_j / D_i\, D_j \qquad \text{for } i \neq j$$

where D_i is defined as:

$$D_i = \frac{\delta \ln C}{\delta \ln P_i} = \alpha_i + \sum_m \gamma_{mi} \ln Y_m + \sum_j \gamma_{ij} \ln P_j + \theta_{ti} \ln T$$

The APES varies according to the relative proportions of the factors in the process of production. A variation in the price of one factor not only causes a substitution effect with respect to another factor, but also, necessarily, changes the demand for that factor. This change, called demand-price elasticity, is related to the APES, and is defined as

$$E_j = \sigma_{jj} D_j$$

where, for the translog cost function,

$$\sigma_{jj} = [\gamma_{ij} + D_j (D_j - 1)] / D_j^2$$

Some evidence on the question of elasticities of substitution and own-price elasticities implicit in the cost function estimates are presented in Tables 1 to 4. Tables 1 and 2 present the APES results for

Table 1

Estimated elasticities of substitution from the three outputs total cost function, by carrier for selected years

Elasticities of Substitution		Capital-Labour	Capital-Fuel	Capital-Material	Labour-Fuel	Labour-Material	Fuel-Material
Air Canada	1968	1.14	0.64	0.99	0.63	1.10	0.72
	1974	1.19	0.56	0.98	0.57	1.13	0.66
	1981	1.30	0.58	0.98	0.60	1.18	0.71
CP Air	1968	1.14	0.71	0.98	0.71	1.09	0.80
	1974	1.23	0.68	0.98	0.69	1.13	0.80
	1981	1.43	0.47	0.97	0.48	1.28	0.62
PWA	1968	1.46	0.16	0.95	0.14	1.41	0.16
	1974	1.43	0.41	0.96	0.32	1.34	0.48
	1981	1.35	-5.84	0.92	-3.46	1.39	-7.58
Nordair	1968	1.80	0.31	0.94	0.45	1.41	0.60
	1974	1.61	0.51	0.96	0.48	1.35	0.69
	1981	1.89	0.45	0.94	0.35	1.52	0.64
Quebecair	1968	1.31	0.62	0.98	0.65	1.17	0.77
	1974	1.67	-0.21	0.91	-0.12	1.69	-0.41
	1981	2.45	-0.50	0.75	-0.61	3.21	-1.57
EPA	1968	1.56	0.63	0.97	0.61	1.25	0.81
	1974	1.56	0.53	0.96	0.43	1.36	0.66
	1981	1.75	0.58	0.96	0.41	1.43	0.73
Industry*		1.29	0.54	0.98	0.54	1.19	0.66

* At the approximation point of the function.

Table 2

Estimated elasticities of substitution from the three outputs variable cost function, by carrier for selected years

Elasticities of substitution		Labour-fuel	Labour-material	Fuel-material
Air Canada	1970	0.89	4.04	-8.27
	1979	0.96	0.59	3.38
CP Air	1970	0.86	3.38	-4.68
	1979	0.93	0.11	9.47
PWA	1970	0.21	2.55	-10.74
	1979	1.06	1.88	6.66
Nordair	1970	0.88	8.02	-4.22
	1979	1.05	2.22	9.35
Quebecair	1970	1.13	-1.48	-0.53
	1979	1.09	1.77	5.70
EPA	1970	0.80	6.29	-2.30
	1979	1.44	2.66	61.51
Industry*		0.91	-1.62	16.96

* At the approximation point of the function.

the total cost and the variable cost functions for the three output models. For most carriers during the time period, all pairs of inputs were good substitutes, as indicated by the positive APES. In the total cost model, fuel is the input for which an increase in its price, generated a minimal substitution over the period. Capital-labour and labour-material are two pairs of inputs which have evidenced the most important substitution effects over the period. Due to the number of second-order parameters which were not statistically significant in the variable cost model (see Table 6), less emphasis, if any, can be put on the substitution effects it produces. Nevertheless, it should be emphasized that labour and material are complementary inputs at the approximation point[8] of the variable cost function. (One should read footnote 8 for a technical explanation of the limitations of elasticity measures derived from a translog cost function.)

The own-price elasticities of the inputs used in the production of air services, presented in Tables 3 and 4, indicate that as the price of fuel and material goes up, the quantities demanded of those factors decrease. This finding is evidenced by both the total and the variable cost models. For the other factors, the own-price elasticity evidence differs between the two specifications of the cost model. The quantities of labour demanded increased with an increase in its price under the variable cost function but decreased under the total cost function. Looking at the own-price elasticities derived from the total cost function, it would appear that airlines were unable to adjust inversely the quantities of labour and fuel when the price of the two factors changed. For labour, this is a surprising result but must reflect the characteristics of the production of air services over the 1968 to 1981 period.

Table 3

Estimated own-price elasticities from the three outputs total cost function, by carrier for selected years

Own-price elasticities		Capital	Labour	Fuel	Materials
	1968	0.25	0.54	0.02	-3.05
Air Canada	1974	0.06	0.45	0.01	-2.69
	1981	-0.13	0.32	0.18	-2.48
	1968	0.20	0.55	0.18	-3.23
CP Air	1974	-0.02	0.38	0.30	-2.88
	1981	-0.22	0.26	0.13	-2.11
	1968	-0.23	0.25	-0.06	-1.69
PWA	1974	-0.18	0.25	0.03	-1.94
	1981	-0.27	0.38	1.87	-1.36
	1968	-0.39	0.25	0.24	-1.87
Nordair	1974	-0.29	0.25	0.30	-2.10
	1981	-0.34	0.30	0.31	-1.90
	1968	-0.17	0.33	-0.08	-1.93
Quebecair	1974	-0.34	0.25	0.08	-1.28
	1981	-0.42	0.40	-0.06	-0.63
	1968	-0.27	0.25	0.57	-2.51
EPA	1974	-0.24	0.25	0.24	-2.09
	1981	-0.27	0.30	0.41	-2.14
Industry*		-0.09	0.32	0.09	-2.40

* At the approximation point of the function.

Table 4

Estimated own-price elasticities from the three output variable cost function, by carrier for selected year

Own-price elasticities		Labour	Fuel	Material
Air Canada	1968	-1.7	0.5	0.1
	1974	-0.4	1.2	-2.6
	1981	0.1	0.6	-2.1
CP Air	1968	19.8	0.6	23.9
	1974	-0.5	0.7	-2.2
	1981	-0.1	0.8	-2.0
PWA	1968	-0.6	0.5	0.1
	1974	-0.6	-5.4	0.1
	1981	-0.8	0.5	-2.1
Nordair	1968	-0.5	0.6	0.8
	1974	-0.6	4.7	1.2
	1981	-0.1	11.6	-2.3
Quebecair	1968	-1.3	0.7	0.1
	1974	-1.6	1.1	0.1
	1981	-0.7	5.0	0.5
EPA	1968	-0.4	0.6	0.4
	1974	-1.0	33.3	0.1
	1981	-0.2	-9.7	-2.4
Industry*		-0.5	1.3	-3.2

* At the approximation point of the function.

1.4 Scale and scope effects

One of the most important production characteristics for policy purposes is the behaviour of costs as outputs vary. This behaviour was used in the past to establish whether or not an airline is a natural monopoly over some range of its service offerings. For a single-output production process, a decrease in the unit cost of production (the average cost) that results from an increase in the volume of production is associated with economies of scale. In the case of a firm that produces various outputs, measuring unit cost per product is very complex, since the only unit cost observable is that of production as a whole.

Another concept that needs to be considered is that of "economies of scope". Economies of scope are observed when a configuration of multiple outputs can be produced at a cheaper cost by a firm which operates a multi-product technology than by a number of firms each operating a single product technology.

For flexible functional forms, measures of economies of scale and scope are functions of both the data and the estimated parameters. These measures aim at testing for the presence of such economies. The usual way of testing an hypothesis is to run the test at the mean which requires that the data be transformed so that all variables equal unity at the mean observation. Before presenting empirical results concerning economies of scale and scope, some definitions of scale and scope in terms of characteristics of the cost functions are first introduced.

1.4.1 Tests of Overall Economies of Scale and Overall Economies of Scope

For testing the natural monopoly hypothesis, the starting point is the construction of a test for overall economies of scale. Christensen and Greene (1976) have defined the concept of economies of scale (*ES*) as unity minus the total cost elasticity of the output produced:

$$ES = 1 - \frac{\delta \ln C}{\delta \ln Y}$$

In cases involving multiple outputs, Fuss and Waverman (1978) have defined what they call global economies of scale (*GES*) as:

$$GES = 1 - \sum_m \frac{\delta \ln C}{\delta \ln Y_m}$$

Unfortunately, this measurement does not permit one to calculate the possible economies realized as a result of an increase in only one output of a multi-product production process. Fuss and Waverman also measured economies of scale as:

$$OES = \frac{1}{\sum_m \frac{\delta \ln C}{\delta \ln Y_m}}$$

This is also a local measure of overall economies of scale (*OES*).

When economies of scale are observed *ES* or *GES* is greater than zero, while *ES* or *GES* less than zero indicates diseconomies of scale. Overall economies of scale prevail locally when *OES* is greater than one, while a value smaller than one indicates overall diseconomies of scale.

In cases where several outputs are produced, the most interesting measurement is that of economies of scope. It appears that in some circumstances it may be more advantageous for a firm to produce different outputs with the same inputs, especially if there are inputs which would otherwise be underutilized. The quest for determining whether it would be less costly for a single firm to produce jointly or separately the outputs (in the latter case each output would be produced by a specialized firm,) requires a comparison of the cost of producing each output separately with the actual joint cost:

$$SC = \sum_{j=1}^{m} C^{j}(Y_j) - C(Y_1, Y_2, \ldots, Y_m)$$

When $SC > 0$, economies of scope exist, while diseconomies of scope are present when $SC < 0$. The latter scenario indicates that cost minimization requires independent production for each product. Finally, if $SC = 0$, joint production leaves the cost at the same level as independent production process.

Such a global test of overall economies of scope requires the measurement of incremental costs. For air transport services, this would come to a need for observations on the independent production of outputs such as unit toll passenger services, unit toll freight services, charter services. It would also require a breakdown of domestic versus international services. Clearly, such observations are not available, which makes it impossible to have a global test of overall economies of scope.

Panzar and Willig (1978) demonstrated that a cost function such as the translogarithmic cost function, shows economies of scope if cost complementarity can be observed. They have shown that it was possible to test locally for overall economies of scope by looking at the second derivative of the function:

$$\frac{\delta^2 C}{\delta Y_i \, \delta Y_j} = \frac{C}{Y_i Y_j} \left[\frac{\delta \log C}{\delta \log Y_i} \cdot \frac{\delta \log C}{\delta \log Y_j} \right] + \gamma_{ij}$$

for $i, j = 1, \ldots, m.$ and $i \neq j$.

At the expansion point, the cost complementarity test statistics reduces to

$$\frac{\delta^2 C}{\delta Y_i \, \delta Y_j} = \left[a_i a_j \right] + \gamma_{ij}$$

If for all pairs of i and j, $\frac{\delta^2 C}{\delta Y_i \, \delta Y_j} < 0$, then all the partitions of m (m being the total number of outputs) exhibit economies of scope. If the condition is not verified for all the partitions, then the multiproduct cost function allows one to verify the presence of weak cost complementarities for the partitions meeting the condition. The test is, of course, of a local nature, being verified only at the approximation point of the function.

1.4.2 Empirical results on the effects of scale and scope

As mentioned in the Introduction, the estimation of the cost function is undertaken with three output and four input variables. The three outputs are represented by volume of traffic achieved by the six major Canadian carriers.[9] Scheduled passenger services were measured in

terms of revenue-passenger miles (Y_1); scheduled freight services are specified by the actual revenue ton-miles observed annually (Y_2); finally, charter services are identified in terms of total revenue ton-miles (Y_3). The four input price variables are those of labour, capital, material and fuel. Labour price is the average annual salary paid by each carrier. Capital price is the average rate of financing investment costs. Materials is an index of constant dollar amounts spent on various materials used in air operations. Fuel price is measured on a per BTU basis. All these prices are calculated yearly for each carrier separately. The sample on which the models are estimated, contains annual data for the period 1968 to 1981. The variables are normalized around their respective mean values. The data includes trend variables to account for technological changes.

The translog functional form is utilized to represent a cost function allowing for the presence of scale economies. Successful estimation of a cost function as general as the translog function is rare. The number of parameters that have to be estimated is too large for the limited variation found in time series data. This problem is circumvented by pooling cross-section and time-series observations. This procedure permits the estimation of the cost function for a number of airlines over several periods of time.

The economies of scale estimates can be claimed to reflect variations in the utilization of factors of production in addition to the exploitation of existing scale economies. To explore such a possibility, the assumption of full static equilibrium is replaced by an assumption of partial equilibrium. Partial static equilibrium implies the estimation of

the translog variable cost function as discussed by Caves, Christensen and Swanson (1980). Rather than minimizing total cost subject to the levels of output, it is assumed that variable cost is being minimized conditional on the level of output and the level of any inputs that are quasi-fixed. The translog variable cost function is also estimated with capital being treated as quasi-fixed. Caves, Christensen and Swanson (1980) have shown that scale economies can be computed directly from the parameters of the variable cost function.

The translog variable cost function provides economies of scale estimates (Table 5) that are not substantially different from the translog total cost function estimates. Therefore, one can conclude that there is no evidence for the Canadian airline industry of upward bias in estimated scale economies due to a failure to control for capacity utilization. Although the principal motivation for estimating the variable cost function was a concern over the effects of differential capacity utilization, the similarity of the results from the total and variable cost functions could lead to the belief that the empirical results are not biased by any overcapacity or what is known as the Averch-Johnson (A-J) effect, that is the airlines use an optimal amount of capital. Under the A-J model, the firm attempts to minimize variable cost conditional on the level of capital, which means that the variable cost model is valid even with the A-J effect. But the fact that economies of scale estimates are similar with the total and variable cost models, might be interpreted as evidence that any A-J effect which might exist for the Canadian airline industry is not important enough to invalidate the total cost model estimates of scale economies.

Table 5

Local measurement of economies of scale

Measure of economies of scale	Estimated from	
	Total Cost Function	Variable Cost Function
Global Eccnomies of scale	0.06	0.11
Overall Economies of scale	1.06	1.12

The number of parameters with insignificant t-statistics (Table 6) under the variable cost estimates is quite important inasmuch as there are more than with the total cost estimates. Having included in the specification of the variable cost model, variables that do not add a significant amount of information to the overall model might produce results which are equally consistent with the ones obtained from the total cost model but not as statistically significant.

The evidence on overall economies of scale that emerges from the general translog cost models produced at the expansion point do not suggest the presence of economies of scale. In fact, the estimated scale elasticities do not allow one to reject the hypothesis of constant returns to scale for the Canadian airline industry. The annual scale elasticity estimates (Tables 7 & 8) exhibit a pattern which has realistic features conforming with expectations (lower values in the early years followed by an increase in the degree of scale economies, resulting from a better utilization of the jet technology).

A three output translog cost function offers the possibility of estimating cost complementarity. Nevertheless the three output models

Table 6

Estimated parameters of the three outputs cost functions

Variables	Total Cost Function		Variable Cost Function	
Constant	-0.09	(-5.4)	-0.04	(-1.4)
K	0.81	(54.5)	0.24	(2.6)
L	0.87	(59.7)	0.85	(8.6)
F	0.84	(41.2)	0.27	(2.8)
M	-1.53	(-61.7)	-0.12	(-1.3)
KK	0.08	(1.7)	-0.26	(-1.5)
LL	0.39	(6.5)	-0.26	(-0.5)
FF	0.21	(3.8)	0.56	(3.2)
MM	-0.21	(-9.1)	0.26	(3.3)
KL	0.21	(6.2)	0.09	(0.3)
KF	-0.31	(-7.9)	-0.20	(0.6)
MK	0.03	(0.9)	-0.29	(-1.7)
LF	-0.34	(-8.6)	-0.02	(-0.7)
ML	-0.26	(-6.1)	0.28	(1.2)
MF	0.44	(9.4)	-0.54	(-2.1)
T	-0.07	(-3.2)	-0.43	(-5.4)
TT	0.12	(6.2)	-0.08	(-1.6)
TK	-0.07	(-2.9)	0.15	(1.1)
TL	0.008	(0.4)	0.38	(1.8)
TF	0.02	(0.7)	-0.20	(-1.3)
TM	0.04	(1.2)	-0.17	(-1.4)
Y1	0.75	(10.9)	0.65	(4.9)
Y2	-0.07	(-1.1)	0.16	(1.3)
Y3	0.26	(20.4)	0.08	(3.8)
Y1Y1	-0.08	(-3.3)	-0.03	(-0.7)
Y2Y2	-0.18	(-6.8)	-0.08	(-2.1)
Y3Y3	0.12	(24.8)	0.007	(0.9)
Y1Y2	0.31	(7.0)	0.19	(3.1)
Y1Y3	0.09	(4.4)	-0.07	(-2.1)
Y2Y3	-0.15	(-7.5)	0.03	(1.0)
Y1K	0.06	(3.4)	0.31	(3.2)
Y1L	0.07	(4.1)	-0.10	(-0.9)
Y1F	-0.27	(-10.3)	0.07	(0.7)
Y1M	0.14	(4.6)	0.03	(0.2)
Y2K	0.02	(1.3)	-0.35	(-3.6)
Y2L	0.02	(1.3)	0.20	(1.8)
Y2F	0.32	(11.9)	0.02	(0.2)
Y2M	-0.37	(-12.1)	-0.22	(-1.8)
Y3K	-0.03	(-2.6)	0.13	(3.2)
Y3L	-0.02	(-2.5)	-0.01	(-0.2)
Y3F	-0.17	(-12.9)	-0.05	(-1.2)
Y3M	0.22	(13.2)	0.07	(1.3)
Y1T	-0.26	(-6.2)	-0.07	(-0.6)
Y2T	0.14	(3.4)	0.005	(0.05)
Y3T	-0.26	(-17.6)	0.04	(1.1)

t statistics in brackets

Y1: passenger unit toll Y2: freight unit toll Y3: charter

L: Labour M: materials K: capital F: fuel

T: time trend for technological change.

Table 7

Estimates from the three outputs total cost function of global economies of scale, by carrier for specific years

Carrier	1968	1974	1981
Air Canada	-0.97	-0.47	-0.20
CP Air	-0.46	-0.001	0.04
PWA	0.03	0.49	0.51
Nordair	1.01	0.97	0.89
Quebecair	0.77	0.95	1.16
EPA	0.86	0.85	0.98

Table 8

Estimates from the three outputs variable cost function of global economies of scale by carrier for specific years

Carrier	1968	1974	1978
Air Canada	-0.18	-0.22	-0.29
CP Air	-0.03	-0.04	-0.05
PWA	0.70	0.57	0.29
Nordair	0.83	0.66	0.53
Quebecair	0.76	0.87	0.93
EPA	0.74	0.74	0.66

generate a somewhat indeterminate picture of cost complementarities between the regular passenger and freight services and the charter services (Table 9). The estimated cost complementarity statistics are negative at the approximation point for one pair of outputs under the variable cost specification and negative for a different pair of outputs under the total cost specification. In part, the difference in the results can be explained by the insignificance of output interaction terms which are left in the variable cost model to make the estimation of cost complementarity possible. The statistics estimated from the variable cost function to measure cost complementarity between unit toll passengers services and charter services are negative in each year of the sample period for Air Canada, CP Air and Quebecair as well as in most years of the sample for PWA and EPA; at the same time, Nordair has a negative statistic for the first year of the sample only. Since Nordair, over the sample period, is the carrier with the greatest charter orientation, the lack of cost complementarity can only be explained by the insignificant t-statistics of the interaction term parameters between Y_1Y_2 and Y_2Y_3. It is important to note that under the variable cost model the estimated cost complementarity statistic between Y_2Y_3 is negative in each year of the sample period for Nordair only.

The total cost function presents a situation where clearly a complementarity between the costs of regular freight services and the costs of charter services is found. The estimated cost complementarity statistics $\delta^2C/\delta Y_2\delta Y_2$ are negative for each year of the sample period for all airlines. For Nordair, a cost complementarity is also found between passenger and freight services for five of the sample years (1971, 1972,

1973, 1976, 1977). Quebecair is the only airline suggesting, under the total cost specification, complementarity over given selected years in the costs of passenger unit toll services and the costs of charter services (Y_1 and Y_3).

Table 9

Empirical Evidence on cost complementarities between air services in the Canadian airline industry

Cost Complementarities between	Estimated from	
	Total Cost Function	Variable Cost Function
Regular passenger services and freight services	.24	.29
Regular passenger services and charter services	.26	-.02
Regular freight services and charter services	-.16	.04

Even if the estimation results with respect to overall economies of scale are uniform under both the variable and the total cost approaches, the findings on cost complementarity are somewhat distorted. Since the number of interaction terms in a three output translog model is still very large, multicollinearity has to be a serious concern. In fact, the estimation problems of cost complementarity might be due to the highly general nature of the accepted specification.[10] A comparison of the parameter estimates of thetotal and variable cost models reveals a certain degree of instability in the first and second order output and the output-technology interaction terms. The parameter associated with these variables shows fluctuation across models, changes in signs and, at time, insignificance.

One way of reducing the number of output-related terms in the translog model is to reduce the number of outputs from three to one. This is achieved by aggregating the various outputs produced by air carriers, using the Divisia index approach. Under a single output specification, the opportunity to obtain evidence on cost complementarity and economies of scope is lost. However, if greater stability of the parameters and improvement in the precision of the estimation can be expected, the estimates of overall economies of scale might be biased because the aggregation is based on the Divisia approach, an approach which assumes constant returns to scale.

The single output translog function do not improve significantly the estimation results; this reflects the fact that an important number of parameters are not significant (see Table 10). An estimate of scale elasticity is obtained at the expansion point (Table 11). Substantial diseconomies of scale are indicated by both the total cost and the variable cost estimates of the one output cost model. The annual scale elasticities showed an erratic pattern which is evidenced by the comparison of the variable cost estimates with the total cost estimates.

The evidence presented in this section can be summarized in two points. First, scale elasticity estimates show that the constant returns to scale hypothesis cannot be rejected for the Canadian airline industry. Secondly, the total cost function indicates some complementarity between the costs of regular freight services and the costs of charter services.

Table 10

Estimated parameters of the one output cost functions

Variables	Total Cost Function		Variable Cost Function	
Constant	-0.62	(-5.5)	-0.48	(-3.7)
K	0.99	(88.5)	-2.67	(-5.4)
L	0.99	(89.5)	2.84	(50.4)
F	1.06	(70.5)	5.36	(72.5)
M	-2.04	(-111.6)	-7.20	(-75.9)
KK	0.04	(0.9)	4.85	(4.0)
LL	0.27	(7.3)	1.58	(6.6)
FF	0.50	(7.8)	0.92	(3.9)
MM	0.26	(4.3)	-0.20	(-0.7)
KL	0.15	(4.6)	-0.74	(-2.6)
KF	-0.16	(-3.8)	-0.25	(-0.7)
MK	-0.03	(-0.8)	0.49	(1.1)
LF	-0.26	(-7.0)	-1.35	(-7.2)
ML	-0.16	(-4.4)	-0.23	(-1.3)
MF	-0.08	(-1.8)	0.43	(2.1)
Y	1.90	(5.5)	3.09	(8.5)
YY	-2.04	(-1.7)	-8.65	(-6.5)
YL	0.04	(1.1)	-0.24	(-1.1)
YF	0.13	(2.3)	-0.09	(-0.3)
YK	0.05	(1.1)	-6.70	(-4.7)
YM	-0.22	(-3.2)	0.34	(0.9)
T	-0.49	(-1.7)	0.50	(1.4)
TT	0.18	(0.4)	-0.64	(-1.3)
TK	-0.01	(-0.4)	2.22	(2.6)
TL	0.05	(1.7)	0.34	(2.1)
TF	0.15	(3.6)	0.87	(4.3)
TM	-0.19	(-3.9)	-1.21	(-4.7)
YT	0.40	(0.3)	6.18	(3.8)

t statistics in brackets
Y: index of output K: capital L: Labour F: Fuel M: Materials
T: time trend for technological change.

Table 11

Estimates of global economies of scale from the one output cost function

		Estimated from	
		Total Cost Function	Variable Cost Function
Industry (at the approximation point)		-0.91	-2.09
Air Canada	1968	-1.63	0.69
	1974	-1.20	-4.61
	1981	-0.98	-4.10
CP Air	1968	-1.29	7.86
	1974	-0.20	0.45
	1981	0.47	1.55
PWA	1968	-2.71	-0.42
	1974	-0.53	-0.08
	1981	0.24	3.39
Nordair	1968	-3.83	-4.73
	1974	-1.48	-3.49
	1981	-0.44	0.19
Quebecair	1968	-2.82	-2.34
	1974	-1.23	-2.95
	1981	-0.49	-0.58
EPA	1968	-3.12	-2.92
	1974	-1.18	-5.35
	1981	-0.48	-0.15

1.4.3 Product Specific Economies of Scale and Economies of Scope

The concept of global economies of scale, as defined by Fuss and Waverman, does not allow for the identification of the proportion of economies of scale attributable to each output. For regulators, it is always important to determine whether competition in the provision of certain services should be encouraged or not. Some light on this issue can be shed by attempting to estimate the extent of product specific economies of scale and economies of scope in the provision of the various types of air services. Baumol et al (1982) have developed an approach to make this possible. They take into account the incremental cost of producing a new output when the other outputs have already been produced. In fact, product specific economies of scale are equivalent to the ratio of the incremental cost for that output "i" to its marginal cost:

$$S_i = \frac{IC_i}{Y_i / MC_i}$$

If the product price is equal to the marginal cost and if there are economies of scale, that is, if S_i is greater than 1, the revenue derived from the sale of this product will be smaller than the average incremental cost of producing it. Thus, if prices are set at the marginal cost and marginal cost is smaller than average incremental cost, then revenues will be less than the average incremental cost and S_i will be greater than 1. If no economies are achieved through producing the new output i, then S_i will be less than 1; similarly if the increase in the average incremental cost is exactly compensated for by the price, then S_i will be equal to 1.

This type of analysis would be easy if one could observe a production process in which only one (or only a pair) of product(s) under consideration is (are) produced. For charter air services in the Canadian context, this requirement is approximately met, since Wardair produced only charter services. Even though Wardair's services emanate from an independent production of charter services, this, in itself, is not sufficient to estimate the incremental cost of said services. In order to be able to do so, one has to have a service offered over comparable distances with similar equipment. This, of course, is well outside the observed data points for charter services offered by Level I carriers. **One is left with having to EXTRAPOLATE from the cost function, estimates of incremental costs which, then, require CONSIDERABLE CAUTION in the interpretation of the results.** (see Appendix 1)

Using these measurements of economies of scale specific to each output, it is possible to define some degree of economies of scale for a multi-product production process. This measurement, as defined by Baumol et al (1982), uses the Si figures defined earlier and the economies of scope related to each output (defined below) to create a measurement of total economies of scale, taking into account all the characteristics of multi- product production. The degree of the total economies of scale is defined as a weighted sum of the economies of scale specific to each output

$$S = \frac{a_1 S_1 + a_2 S_2 + a_3 S_3}{1 - SC_m}$$

Where $$a_i = \frac{Y_i C_i}{\sum_i Y_i C_i}$$

and C_i is the partial derivative of C with respect to output i ($\delta C/\delta Y_i$).

An S value greater than 1 indicates economies of scale, where S is a weighted sum of the S_i values. The denominator takes the economies of scope into account. If the production processes for the three outputs are totally independent of each other, then the sum of the stand-alone costs will be equal to the joint costs of producing the outputs. The denominator would then be equal to 1 and would not affect the economies of scale specific to each product. All in all, the definition of output-specific economies of scale makes it possible to verify whether the scale of production of each output creates economies in the carrier's operations, and enables one also to make calculations of the total economies of scale.

The measure of total economies of scale is equivalent to the local measure of overall economies of scale (see Appendix 2). If the two measures produce the same evidence, then it is important to note that the measure of total economies of scale allows one to explain whether the scale of each specific output and/or economies of scope are responsible for the evidence found on scale effects for the overall production process.

The concept of cost complementarity was introduced earlier in the discussion of actual measures of economies of scope. The presence of complementarity, however, says nothing about the size of economies of scope related to each output. Baumol et al (1982) have demonstrated the possibility of measuring these economies for each output. To explain this concept, identified as SC_i, assume two outputs. C^1 is the cost of producing output 1, C^2 the cost of producing output 2 and C the joint production cost

for both output 1 and output 2. The economies of scope specific to output 1 are measured by the following formula:

$$SC_1 = \frac{C^1 + C^2 - C}{C}$$

If $C^1 + C^2 = C$, the cost of producing the two outputs jointly or separately would be the same. If, however, it costs less to produce both outputs at once, then C will be less than $C^1 + C^2$ and SC_1 will be greater than zero. Generalizing this reasoning to m outputs, it is possible to calculate the contribution of each output, one at a time, to the economies of scope. The equation becomes:

$$SC_1 = \frac{C^1 + C^{m-1} - C}{C}$$

If SC_1 is greater than zero, production of output 1 creates economies of scope and this output should not be produced separately. SC_i measures the proportionate increase (decrease) in cost from separating product i from the production of the other m-i services.

The total cost function model indicated for each of the three outputs that it was not possible to apportion any real economies to the production of any of the three types of air services (Table 12). Yet the total economies of scale measure clearly indicates that constant returns to scale cannot be rejected for the Canadian air transport industry. This, in itself, constitutes evidence that, in Canada, it is not so much scale which affects the overall level of carriers' costs but the scope of their operations. From the total cost function, it is possible to observe that, at the approximation point, separating the production of regular air

freight services and the production of charter services from the production of regular air passenger services would increase carriers' cost (Table 13). The evidence on cost complementarities shows such a relationship between regular freight services and charter services.

Table 12

Empirical evidence on economies of scale[1] in the Canadian airline industry

Measure of Economies of Scale	Estimated from	
	Total Cost Function	Variable Cost Function
Specific to regular passenger services (S_1)	0.75*	0.76*
Specific to regular freight services (S_2)	-1.44*	1.32*
Specific to charter services (S_3)	0.51*	0.88*
Total Economies of Scale	1.06*	1.12*

* statistically significant.

[1] All the measures presented are local measures i.e. they were measured at the mean transformation point for all variables. Values followed by an asterisk indicate that the test on the estimated value was statistically significant.

Table 13

Empirical evidence on product specific economies of scope in the Canadian airline industry

Economies of Scope	Estimated from	
	Total Cost Function	Variable Cost Function
Specific to regular passenger services	.01	.29
Specific to regular freight services	.35	.19
Specific to charter services	.59	.52

1.5 Technological change

The specification of technical change constitutes a serious problem when cost functions are estimated from time series data. The cost function can shift for a given set of factor prices,and outputs and technical change can be the reason behind such a decline in costs. Therefore, there is a need to look for an indicator of such shifts in the cost function. The air services offered between 1968 and 1981, the period under investigation, have benefitted from certain technological changes. A good example of such changes is the gradual introduction of jet aircraft into each carrier's fleet. But other technological innovations have also made it possible to offer similar quantities of services at a lower cost. Thus, because the sampling period covers a significant number of years, it is important to attempt to measure the impact of technical change on the carrier's operations.

The first method of accounting for such changes is to introduce a time-trend variable in the specification of the cost model. This method assumes that technological change takes place steadily through time and independently of the productive process. The passage of time has to be the most common technical change indicator used in econometric studies. While simple to compute, this method constitutes a rather explicit indication of ignorance regarding the process of technical change. A variation of this method also makes it possible to introduce an exogenous variable at a specific point in time when a particular technological development is observed. Under this approach, one assumes that the effect of the change is finite in time and limited to the year of its introduction, a theory

which is obviously questionable. Consequently, this method of accounting for technical change was not used. Another way to measure technical change over time considers the fact that such change may be internal to the industry and may have a multiplier effect on inputs and outputs of the productive process. (This approach is designated here in as the "multiplicative" approach and is referred to as "multiplicative T" in tables.) Under this last approach, time is introduced as a variable in the expansion of the production frontier.

The best way to verify the influence of technical change on carriers' operations is to estimate the cost function with the variables that seek to measure the impact of technological developments and leave it up to statistical tests to determine which functions to retain; this is the time trend variable or the multiplicative approach. One should note that the time trend approach is a particular case of the multiplicative approach, the latter including both disembodied and embodied technical changes.

Evidence relating to the bias in technical change among aggregate factors appears to differ somewhat from the total cost to the variable cost specification of the translog model. Under the variable cost function model, technical change is found to be neutral with respect to all of the aggregate factors (none of the parameters associated with the $(lnPi\,lnT)$ variables being statistically significant). On the other hand, with the total cost specification, technical change is found to be capital saving and labour, fuel and material neutral. In a cost function model, the rate

of technical change is measured by the proportionate downward shift of the cost function over time. For the Canadian airline industry, during the period 1968-1981, technical change seems to have had a downward effect on carrier's costs. The total cost estimates appear to show airline costs being decreased at an increasing rate by technical change over the period (according to the parameters of the (lnT) and (lnT^2) variables). The marginal costs of scheduled air passenger services (under the total cost specification) and of charter air services have been declining with time while the same cost for scheduled air freight services was increasing (according to the parameters associated with the ($lnYilnT$) variabl).

I.6 Comparison

Other researchers have tried to capture the true relationships between costs and outputs for the Canadian airline industry. In many cases, differences in modeling the industry cost function can be observed; such differences need to be identified in order to determine their effects on the measured structural characteristics of the industry. In this section, a comparison is made between the present paper and other efforts. Data and methodology are reviewed and results compared.

Gillen and Oum's research (1984) accords with the work presented thus far since they also estimated cost functions to analyze the cost structure of the Canadian airline industry. In fact, the two pieces of work are theoretically connected and despite differences in the methodology and the measurement of the variables, the empirical evidence is comparable. Therefore, a clear identification of the differences between Gillen and Oum work and this paper is needed to understand the sensitivity of estimates to sample variation and alternative variable measurements, and to examine the robustness of empirical findings.

In their analysis, Gillen and Oum covered the period 1964 to 1981 for most carriers included in their investigation.[11] The present paper examined the period 1968 to 1981 for the same carriers, with the exception of Transair which was excluded.

With respect to output measures, both studies use scheduled revenue passenger kilometers, scheduled revenue freight tonne kilometers

and charter revenue tonne kilometers, as measures of the three aggregate output categories. However, Gillen and Oum deem it important to refine further the measures of output. To do so, they opted for the hedonic approach. The idea behind the utilization of this approach is to account for the heterogeneity of airlines' output by associating to each of the three broad categories of output, attributes which allow one to characterize specifically each carrier's output. Gillen and Oum treat the attributes of the three aggregate output categories as being exogenous to the carriers. This implies, on their part, assuming that the composition of a carrier's output is largely beyond its control. Some of the attributes (characteristics) included in their hedonic function (load-factor, average number of seats per aircraft, weighted average available freight tonnes per aircraft) are endogenous, to some extent, to the carrier. Therefore, Gillen and Oum's estimated cost function presents an ambiguous description of technology, their hedonic coefficients reflecting either cost or demand effects. As a consequence, there may be some reason to question the reliability of the information employed by Gillen and Oum in selecting the hedonic variables.

Input measures used in the two multiproduct cost functions have also to be compared. In the case of Gillen and Oum, their cost function specification accounted for three inputs as opposed to four cited in this study. While fuel and labour are two inputs found in both cases, the actual measure of the two inputs differed between the two groups of researchers. Gillen and Oum measure fuel in terms of the fuel costs which they divide by a fuel quantity index (as opposed to a cost per BTU in the present case); furthermore, they use a multilateral index to measure labour

(compared to an average salary). The third input of Gillen and Oum is an aggregate of two inputs, capital and material. In this analysis, the same two inputs are separated in their specification. Differences in the approach used to measure the capital input price are also found between the two researches. This investigation use the cost of financing capital needs while Gillen and Oum use the service price for eight categories of assets.

Both studies adopt second order flexible functional forms for the form of their multiproduct cost function. For their empirical work, Gillen and Oum have normalized all variables to unity for CP Air 1980 while the present work uses the sample means of the variables for their normalization. Gillen and Oum have added two other variables to their specification of the cost model: the number of points served and average stage length. These two variables were introduced to account for differences between each carrier's operations. The introduction of the stage length variable is questionable since it is, for the three broad output categories, one of the hedonic variables introduced. The number of points served by the airline is a variable introduced to reflect the airline's network size. According to Gillen and Oum, the introduction of a variable measuring the network size allows one to differentiate economies of density from economies of scale. Economies of density reflect a change in costs caused by a change in outputs when the size of the network is held constant while economies of scale measure the change in costs when both outputs and the size of the network change simultaneously. Needless to say the number of points served constitutes a proxy measure of the network size.

Despite all the differences identified, the comparison of Gillen and Oum results to this study shows some similarities. The present measure of economies of scale is equivalent to Gillen and Oum's measure of economies of density. The two studies suggest for the Canadian air transport industry, constant returns to scale and cost complementarities between scheduled air freight services and charter air services. This would imply that scale elasticity estimates are insensitive to sample variation, such as the omission of a carrier or the omission of years for given carriers. These conclusions are reached at the mean observation in one case and at the CP 1980 observation point in the other. The pattern for the carriers' annual economies of scale estimates is comparable between the two studies. In both cases, the estimates suggest that the underlying technology for air services is best pictured by a non-homothetic production process. This conclusion does not lend confidence to the belief that the hedonic approach permits informal information on the behaviour of multiproduct costs to be used to select restrictions that are more appropriate for the air transport industry. With respect to technical change, the estimates produced inconclusive results.

A comparison of the parameter estimates in the two studies reveals a certain degree of instability in the second order output, the output-input and output-technology interaction terms. The parameters associated with these variables show fluctuation across the two studies, some changed signs and are generally insignificant. These parameters play an important role in the calculation of the various "economies". Gillen and Oum had 24 of their 47 parameters insignificant in comparison with 8 out of 43 in the present model. Out of the 36 variables which are common to both studies

(keeping in mind the differences in the actual measures used in each study), 16 had parameters with a sign that differed from one study to another, of which eight are statistically insignificant in Gillen and Oum's estimates. Irrespective of all these discrepancies, the evidence on economies of scale that emerges from the two studies is surprisingly robust. Therefore, one may conclude that failure to treat effective outputs as a function of a generic measure of physical outputs and their attributes is not a serious misspecification.

Table 14

Comparison of Gillen & Oum work with Cofsky & Roy work

	Gillen & Oum[1] (equation 3 - Model (b))	Cofsky & Roy (3 outputs-total cost model)
Period analyzed	1964-1981*	1968-1981
Carriers	Air Canada, CP Air, Pacific Western Airlines Transair, Nordair, Quebecair, Eastern Provincial Airways	Transair excluded
Output measures	3 outputs: scheduled revenue passenger-kilometers; scheduled revenue freight tonne-kilometers; non-scheduled revenue tonne-kilometers output hedonic variables	same three outputs, same measures without hedonic adjustment
Inputs	3 inputs: F, L, K & M	4 inputs: F, L, K, M
Input measures	F: fuel cost/fuel quantity index L: multilateral index K & M: for 8 categories, asset service price (Christensen & Jorgenson); material costs (residual); aggregate K & M	F: cost per BTU L: average salary K: cost of financing M: material cost index
Data normalization	around CP 1980	around mean of data
Specification	include no. of pts served & average stage length	
No. of parameters estimated	47 parameters estimated	43 parameters estimated
No. of parameters stat. insignificant	24 parameters estimated	8 parameters estimated
	35 parameters common to both specification; 16 of which with different signs from one specification to another; 8 of the said 16 were statistically insignificant in Gillen & Oum	

*except for Transair (1964-1979) and for Nordair (1971-1981)

Table 14 (Cont'd)

Comparison of Gillen & Oum work with Cofsky & Roy work

	Gillen & Ouml (equation 3 - Model (b))	Cofsky & Roy (3 outputs-total cost model)
Economies of scale	1.14 (called ec. of density)	1.06
Cost complementarities	between scheduled freight services and charter services	between scheduled freight services and charter services
Technical change	labour saving; capital using; fuel neutral general non-homothetic model accepted	capital saving; fuel, labour, material neutral general non-homothetic model accepted

*except for Transair (1964-1979) and for Nordair (1971-1981)

FOOTNOTES

[1] A production process is said to be homothetic when input proportions are independent of scale. A homothetic production structure can be further restricted to be homogeneous in which case the elasticity of cost with respect to output becomes constant.

[2] Hicks-neutral technical change is observed when technical change increase the efficiency of all factor inputs.

[3] See Economies of Scale for a survey of the literature on the subject.

[4] A system of factor demand functions can be generated without difficulty from the production function only if constant returns to scale are imposed a priori.

[5] The translog cost model was estimated as a system multivariate regression model consisting of the cost function and $(n-1)$ factor share equations, using the Zellner iterative estimation procedure.

[6] Such homogeneity implies that certain parameters of the cost function must obey specific constraints, namely:

$$\sum_i \alpha_i = 1$$

$$\sum_i \gamma_{mi} = 0$$

$$\sum_i \gamma_{ij} = \sum_j \gamma_{ij} = \sum_i \sum_j \gamma_{ij} = 0$$

These constraints were imposed when estimating the function. In addition

$$\gamma_{ji} = \gamma_{ij} \qquad \gamma_{mi} = \gamma_{im} \qquad \gamma_{mn} = \gamma_{nm}$$

Assuming that producers consider the price of inputs as given, it is possible to obtain input demand functions based on the translogarithmic cost function. One only needs to derive the cost function with respect to the factor prices to obtain:

$$D_i(Y,P,T) = \frac{\delta \ln C}{\delta \ln P_i} = \alpha_i + \sum_m \gamma_{mi} \ln Y_m + \tfrac{1}{2} \sum_j \gamma_{ij} \ln P_j + \theta_{ti} \ln T$$

where D_i is the demand equation for factor i. This result, known as Shephard's lemma, makes it possible to use the estimated cost function to derive information on the demand for factors.

[7] The inputs surveyed under what is referred to here as "material" include a diversified range of products and services. Purchase costs for material input were measured in constant 1971 dollars and then converted to indices.

[8] A parametrically rich cost function is assigned to the carriers, that is the translog function. It was hoped that such a function would not impose extraneous behavioral restrictions limiting the generality of an inference. The translog function is a second-order flexible functional form with enough parameters to permit an elasticity of substitution matrix to be computed from the form, the matrix being able to assume any value at any given point in the data space. In this study, it is asserted that the elasticity matrix could be estimated consistently at the mean of the data, regardless of what the true state of nature actually is. A recent article by Gallant and Golub (1984) claims that a point in the data space cannot be arbitrarily choosen as done here. In this article, it is argued that a Sobolev-flexible form can estimate elasticities consistently, will not reject spuriously and will have negligible prediction bias. The translog form is not a form that has been shown to be Sobolev-flexible, the Fourier-flexible form being the only one meeting the Sobolev norm. Using a non-homothetic, non-neutral technical change specification estimated elasticities of substitution (at prices and output prevailing) at the mean data point are reported despite the fact that the concavity restriction was not respected by the estimated cost function.

[9] The six carriers are Air Canada, CP Air, Pacific Western Airlines, Nordair, Quebecair and Eastern Provincial Airways.

[10] See Appendix 3.

[11] This period is used for Air Canada, CP Air, Pacific Western Airlines, Quebecair and Eastern Provincial Airways; for Transair, the analytical period is between 1964 and 1979 while the years 1971 to 1981 are used for Nordair.

Part II

OBSERVATIONS FROM EMPIRICAL EVIDENCE LEADING TO POLICY DESIGN

II.1 Introduction

The deregulation movement of the U.S. airline system has meant pressure to implement a comparable policy for Canada.[1] The assessment of regulation is not an easy task and requires the identification of criteria and of a methodology for the analysis. With the empirical findings presented so far, it is important to see whether the factual material gathered is sufficient for a decision maker to derive policy implications and/or to direct the industry toward a more pro-competitive operating environment. In order to do so, it is important to establish whether the methodology used (cost functions) and the empirical evidence derived from it, allow one to cover all elements of industry structure and performance with which policy-makers are concerned. Recent advances in the theory of industry structure are introduced to examine somewhat more systematically what the analysis suggests for the role of government in relation to market behaviour. Then, and only then, a brief outline of the general policy implications of the factual materials can be presented.

II.2 Elements determining a market structure

Having found that constant returns to scale could not be rejected for the Canadian air transport industry, then one would think that natural monopoly arguments cannot be used as a justification for regulating the industry. It also follows that size, therefore, would not appear to be a determining factor allowing cost savings. Would this imply that consumers of air services could benefit from a more competitive environment and/or that airlines in Canada cannot achieve lower costs when placed in a monopolistic situation in their markets?

The workability of a market structure is determined by key elements such as:

- the number and distribution (size as well as geographical) of buyers and sellers;
- the characteristics of demand;
- the nature of the price structure;
- the marketing strategies utilized;
- the ease of entry into the industry.

In the end, it is the performance of each market structure which constitutes the testing ground. Market performance is defined by factors such as:

- price behavior
- capacity-output relationship
- innovation

- profit levels
- level of expenses.

The most important thing to assess is whether the carrier has or not the power to control the outcome.

If much can be learned about actual and potential industry structure and performance from appropriate information about the nature of the productive techniques available to the industry's firms, appropriate information about market demands for the industry's products, among other things, is also required to establish policies aiming at improving performance. Thus, another area important for the analysis is the demand faced by the carriers for their services. Demand is vital because it determines the capacity level needed. But demand, with its characteristics, can lead to some unused capacity. Air services are not storable and a good proportion of consumers expect available services when they need it. Yet demand for air services varies daily, weekly, monthly, seasonally and yearly. This forces airlines to have adequate capacity to satisfy the peak demand. Therefore, with the exception of peak demand periods, carriers commonly have unused capacity. The peaking problem can be alleviated for large carriers because they might be able to develop a network/operating pattern which entails different demand characteristics over different segments/time period. If this is the case, a large carrier, with diverse aircraft types in its fleet, would then be able to transfer its flight equipment from one route to another in order to economize on total investment needs and, by the same token, on investment costs. The empirical findings presented in the previous chapter lead one to believe

that Canadian carriers have been able to redeploy their equipment over their operations with sufficient success and, therefore, to minimize the amount of excess capacity.

The characteristics of demand are also important because they impact on cost and they influence the revenue side of the carriers' operations. A peaking demand has already been identified as source of a potential capacity problem. An important characteristic of the demand for air services concerns the elasticity of demand. Two concepts are involved here: the price elasticity and the income elasticity. In the case of price elasticity, the concept refers to the effect of a price change (a change in the fares) on consumers air travel expenditures. If, after an increase in price, expenditures increase, then demand is inelastic while it is elastic if expenditures decrease. The income elasticity of demand is a measure of the effect of a change in consumer income on consumer expenditures for air services at a given price.

Certain users of air services e.g. leisure/pleasure travellers are sensitive to price change while business travelers are generally assumed to be somewhat less price sensitive. At the same time, demand for most air transport services is very elastic to changes in income. As a result, the revenues and earnings of the air transport industry tend to follow the business cycle. Air services are not perceived as being totally indispensable. During a recession, air travellers do reduce their outlays for air services.

A final demand characteristic concerns the location of the buyer of air carrier services. The air traveller is restricted in his/her

decision to fly by the actual number of carriers serving the closest airport from his/her home and by the network of each of these carriers. Having to connect with another airline to reach a destination is acceptable to the extent that the connection allows the link between the origin and the destination of the trip. If a connection is not really required, it would be perceived as being truely unconvenient to have to change aircraft to complete the trip. The current of active competition in air services is a function of the competitiveness of the carriers' networks. Throughout southern Canada, there is, at present, more than one carrier on most route segments and between certain city-pairs (especially in the Corridor) there is the added presence of effective rail and bus competition; however, neither intramodal nor intermodal competition is prevalent throughout much of northern Canada.

In the case of air services, once investments in equipment are made, output can be increased, in the short run, with unit costs declining until the physical capacity of the fleet is reached. This implies a short run decreasing cost. For a carrier, the unit cost of adding and/or replacing capacity declines to some extent as the size of the required investment increases. A large airline can negotiate more advantageous financing arrangements than a small airline. However, such financing for larger airlines may not result in a long-run decreasing cost situation because the preceding empirical results suggested that for air transport the long-run costs are not affected by capacity.

The presence of a short-run decreasing cost situation for the air transport industry does not provide an economic rationale for regulation. As well the long-run constant returns to scale evidence found does not

provide an economic justification for regulation. Consequently a competitive market situation might benefit consumers but such an assertion would have to be substantiated before any such conclusion can be drawn.

II.3 Contestable Markets

Within the control of their operations, airlines have invested large sum of money in ground property and equipment, i.e. in durable facilities. Investment represents a high percentage of total costs. One result is a low annual rate of capital turnover (the ratio of annual revenues to total investment). Stated another way, most carriers in Canada require an investment in ground property and equipment in excess of one dollar to produce one dollar in revenues (Table 15). This is not an indication of unprofitability of air services. Flight equipment represents, for airlines, a large proportion of their investment base. Nevertheless, if the demand for a carrier's services was to decrease, it would be possible to change the services somewhat so that the equipment could be used successfully toward generating net revenues. Therefore an important proportion of airlines' large investment is not irrevocably a sunk cost.

Table 15

Ratio of annual revenues to total investment and of accumulated depreciation to investments for the year 1981

Carrier	Investment/Revenues	Accumulated Depreciation/Investments
Air Canada	1.13	42%
CP Air	1.17	30%
EPA	0.74	43%
Nordair	0.80	32%
PWA	1.10	18%
Quebecair	1.00	18%

Traditionnally, for regulated sectors like the air transport industry, it was believed that unrestricted competition would be either cutthroat, destructive or ruinous and would result in price discrimination. Therefore regulation could be justified as a mean of protecting the public. However the justifications for regulation were based on a theory which assumed single product production process for firms. But recent developments in the theory of industrial organization have addressed competition in the context of multi-product firms. The recognition of the multiplicity of firms' outputs has resulted in a generalization of the notion of purely competitive markets. The generalization has been called a contestable market. If competition and contestability aim at the same efficiency results, the contestable market requires fewer assumptions to arrive at them. By assuming that both entry and exit are easy and costless, contestability defines an idealized economic market where firms operate efficiently and earn only a normal return on their investment. In a contestable market, entrepreneurs are profit seekers and competition between entrants and incumbents is done on completely symmetric terms, that is entrants use the same productive techniques as those available to the incumbent firms.

Such a behaviour determines an industry configuration[2] where the quantities demanded by the market at the prevailing prices are equal to the sum of the outputs of all the firms in the configuration. The prevailing prices generate revenues for the producing firms that are no less than the costs of producing their outputs. This implies for potential entrants no profitable opportunities for entry under the prices of the incumbent firms. It also means that the prevailing industry configuration has minimized the

total cost of producing the total industry output and an equilibrium has been attained if each firm's prices equal both average cost and marginal cost.

The empirical results presented in the first part of the study originate in an investigation based on concepts dealing with the multiplicity of carriers' output. The empirical analysis of the carriers' production technology is guided by the estimation of cost functions and it is important to assess the results in the context of the contestability theory. To evaluate the relevance of the empirical findings, it is important to emphasize the differences between the traditional market structure concepts and the ones used to determine the contestability of markets.

Prior to the contestable market theory, the concept of economies of scale was determining when society could be served more economically by a single firm. A firm operating under a situation of economies of scale was then said to be a natural monopoly. In a multi-product context, it is important to determine whether it is more expensive for two or more firms to produce given quantities of various outputs than it is for the same quantities of the ouputs to be produced by a single firm. If it is cheaper for a single firm to produce the given quantities of outputs, then the costs are said to be subadditive. Under the contestability theory, the subadditivity of costs is the criterion of natural monopoly. But to be a natural monopoly, an industry must have subadditive costs over the entire range of outputs. This implies that subadditivity must be assessed from data dealing with the costs of producing all levels of outputs. For an

industry with subadditive costs, it will be more efficient to have the production carried by a single firm. It is then evident that the concept of subadditivity, in the contestable market theory, plays a substantial role in the determination of the structure, conduct and performance of the industry.

An extension of the analysis of the results presented in the first part of the study to the issue of subadditivity has to be done in order to focus on the contestable market theory. "Unfortunately, the intuitive appeal of the subadditivity concept is counterbalanced by its analytic elusiveness. We often cannot recognize whether a particular function is or is not subadditive simply by looking at its mathematical expression or its graph. Moreover, there apparently exist no straightfoward mechanical criteria that permit us to test whether or not a particular function is subadditive, short of checking the applicability of the definition itself".[3]

To prove that a cost function is subadditive at some output level, costs information on every potential small or intermediate output levels is required. Therefore the data requirements of a statistical test of subadditivity are very severe. Yet it is impossible to know whether an industry is a natural monopoly for the production of an output level, if the information allowing one to rule out the possibility that many small firms can produce the said output more cheaply is not available. The concept of scale economies cannot be used as a surrogate test for natural monopoly. Of all the cost concepts measured empirically for the air transport industry, economies of scope constitute the condition necessary

for subadditivity. But economies of scope as well as economies of scale are weak measures of the savings to be realized in the costs of production by combining outputs and by increasing the size of the production process. Therefore, such economies are not, by themselves, sufficient to verify the subadditivity of costs. The concept of economies of scope is a rather weak indication of cost complementarity. So conditions sufficient for subadditivity have to be identified and verified.

A decreasing average incremental cost for a product in a multi-product production process implies that subdividing its production among various firms, while holding all other outputs constant, increases the total cost of the industry. Therefore, in an industry with a declining average incremental cost for a good or a service, money will be saved, ceteris paribus, if all of the said good or service is produced by one of the firms. Thus, products with decreasing average incremental costs must be produced by just a single firm. As well, this same firm can compete actively with other firms in the markets for the other goods or services produced by the industry.

Other sets of premises combining economies of scale and forms of cost complementarity can generate some conditions which are sufficient for subadditivity. Convexity properties of the cost function play a key role in these conditions. But convexity is a property of cost functions difficult to verify. Intuitively, a detailed discussion on conditions sufficient for subadditivity that uses stronger complementarity requirements would not be appealing because of their complexity and would not allow one to clarify the issue. It is important basically to remember

that conditions for subadditivity that rely on sets of premises combining economies of scale and forms of cost complementarity (convexity) do exist.

The discussion on contestability theory has been centered mostly around one concept, subadditivity. But there is more to the contestability of markets than simply the assessment of whether or not costs are subadditive. The intent of the section was not to give a general overview of the contestable market theory but simply to emphasize that, in a multiproduct context, the natural monopoly issue has to be addressed in terms of cost subadditivity. The section introduced the theoretical setting from which some of the observations with policy connotations to be presented in the next section are derived.

II.4 Observations which have policy connotations

The estimation of a flexible functional form for the cost of producing multiple outputs is relevant to the requirements of the analysis of industry structure under contestable markets. Subadditivity has been identified as the characteristic of costs which leads to an industry equilibrium with production by only a single firm. The empirical results derived from the estimation of cost functions for the air transport industry seem to indicate that the costs of air services are not subadditive. This conclusion, however, has to be qualified. In fact, it is impossible to circumvent the difficulty caused by the absence of cost observations for ouput levels outside the range observed for the carriers in the sample between 1968 and 1981. The conditions sufficient for subadditivity would appear not to have been verified by the econometric cost study. One must add that their verification does not meet completely the criteria identified in the contestable market theory (ray average costs, average incremental cost). It is not possible, for the Canadian air transport industry, to reject the assumption of constant returns to scale; economies of scope were not detected, inasmuch as there are only weak cost complementarities between the production of regular passenger services and the provision of charter flights; and convexity was not verified for all observations of the sample. (see Appendix 3)

If Canadian airline costs are not subadditive, this would imply, under the contestable market theory, that airlines, in the absence of barriers to entry, would not be able to find prices to protect them from entry. Therefore one would be tempted to conclude that a competitive

environment for the supply of air services would be beneficial. The multiproduct concepts used are defined for the current period. However, today's decisions influence in a far from negligeable way on futur decisions. The cost concepts, as defined, treat the ouputs of carriers at different dates as different services. Outputs and inputs refering to the same point in time are connected into static relationships. In reality, ouput and input quantities at a given point in time are related to their quantity in an earlier period. Intertemporal relationships are not exogenous but endogenous. Therefore a market structure analysis has to account for the endogenous dimension of relations between various periods of time. "In the intertemporal case, ...the domain of the invisible hand can be far more limited than intuition may have led us to suspect. Often there may well be no sustainable solutions and the market mechanism may well produce an intertemporal allocation of resources that is patently inefficient".[4] In an intertemporal context, incumbents "may only be able to protect themselves and the interests of the economy, by the very sort of strategic pricing behavior economists have tended to deplore."[5]

The vulnerability of airlines to a free entry situation depends on their profit levels, the efficiency of their operations and on their attitude toward cost-saving innovations. Thus it is the airline behaviour toward features of its operations, which will dictate whether it will be vulnerable or not to freedom of entry. If fares are such that generated revenues permit airlines to be financially viable and no potential carrier can find at those fare levels an opportunity to expect economic profits sufficient to cover the costs of entry, then the existing configuration of the industry is sustainable. However, air services can be offered with

different types of equipment which all have their specific cost characteristics. Freedom of entry, in the air transport industry, would allow new entrants to offer a differentiated service and there is reason to believe that a new entrant would preferably offer a differentiated service. This can be explained with the following simplified argumentation. If the service offered by the new entrant is not a differentiated service, its cost has to be the same as the one of existing services. Similar costs imply presumably similar prices. The differentiation of the service lead to cost differences which can then be translated into price differences. The next step in the argumentation is to introduce the demand for the services. It is important to emphasize that the demand for air services is a derived demand. Therefore price differences between the air services offered by the incumbents and the ones offered by new entrants do not necessarily result in an increased demand for the services. Price is only one of the factors which affect the decision to travel. Consequently, a new entrant increases the capacity to travel without necessarily an immediate increase in the demand for air services. Then, an excess capacity situation is to be expected, at least in the short run. Incumbents and entrants having to share the prevailing demand level, a new entrant will affect the financial situation of incumbents. The viability of the incumbents as well as of the new entrants and the structure of the industry become uncertain until a new equilibrium is reached.

In the case of air services, where a potential carrier might offer a substitute for the service being offered by carriers already in the market, one has to consider only full-supplier entry in an analysis of sustainability of the industry configuration. This is because an entering

carrier, given the option of serving only part of the market if it desires to do so, is the only carrier who can benefit from this option. The decision to serve all or part of the market is based on the relative profitability of the two options. A declining average incremental cost guarantees that a restriction associated with any of its outputs below the amount demanded by the market will never benefit the entrant. because reduced output must increase average incremental cost without increasing the price obtained for the product.

The competition between entrants and incumbents for the air transport sector would seldom, if ever, comply with one of the assumptions of the contestable market theory, i.e. competition done on completely symmetric terms. With air services, competition becomes asymmetric when, as mentioned earlier, competing carriers in a given market do not serve the market with the same type of equipment, and/or with the same frequency, and/or offer the services under different schedule, and/or do not attach the same conditions with the purchase of a ticket. Then this would imply that freeing the entry to the industry would result in asymmetric competition and would impact on the performance of the industry as a whole. In this context, one of the virtues promised by contestable markets is the elimination of the possibility of cross-subsidization of particular products. Cross-subsidization implies that the buyers of some products do not bear the costs associated with the supply of those products. Since one of the basic assumptions of contestability would not be enforced, one has to enter into a general discussion on an acceptable rate structure for air carriers. This implies the need to assess the justifiability and the

desirability of a discriminatory rate structure for air services as adopted by carriers.

The translog cost function has allowed one to verify that cost complementarities exist between specific air services. As also illustrated by empirical results, when unit toll air services and charter air services are viewed as incremented to the carriers' other outputs, the revenues collected from their sales (at a price equal to marginal cost) would exceed the incremental cost incurred by offering these services (because product specific increasing returns to scale were found for these two services). All this denotes that the relevant costs of taking on the incremental services are less than the average cost of the operations without it. The translog cost functions indicated also that air carriers had a non-homothetic[6] production structure. In other words, joint air services do not have separable production costs. The joint costs must then be distributed between them, on the basis of the relative intensities and elasticities of the separate demands, that is, in a manner akin to price discrimination. In practice, discrimination may be the most feasible method of recovering some part of the airlines' costs. Under these circumstances, then air carriers would be encouraged to force different customers to contribute to common costs on the basis of their respective abilities and willingness to pay or of the value of the service to them.

Within this possible operating milieu a discriminatory rate structure for air services seems to be justifiable and economically desirable. Of course, the favored customers should not pay less than the full additional costs of serving them because if this was the case, then

other customers would have to pay more than the costs of serving them in the absence of discrimination. Therefore, discrimination should not impose a burden on the customers being discriminated against. In other words, a discriminatory rate structure is acceptable within the air transport industry, while cross-subsidization is not. This clearly separates the two concepts.

If a more pro-competitive regulatory environment for air services is to imply more competition only on the more remunerative markets, the threat of a rate structure allowing for some cross-subsidization from the monopolistic to the competitive markets would exist. Monopoly power allows carriers to hold price above marginal cost in the price-inelastic market. For Canadian air services, monopolistic markets are low density markets, often highly dependent on the services, while the competitive ones are high density markets, with usually a higher proportion of activities generated from the business sector. Such a rate structure would have the effect of asking the low density markets, highly dependent on air services, to contribute more than their reasonable shares of costs if total revenues are to cover total costs. Even though discrimination is acceptable, if cross-subsidization is not acceptable, limiting competition and restricting entry may become an obligation in order to preserve the financial viability of existing carriers.

Conclusion

Given the broad spectrum of sizes, routes and demand patterns of Canadian airlines, and given the fundamental issue for regulatory policy -- whether air services should be offered under monopolistic or competitive conditions -- information on the economic characteristics of air transport production is essential. This study has therefore centered around the structure of the Canadian air transport industry, which is one of the structure-conduct-performance trichotomy. As is apparent from the literature of industrial organization, recent developments have made such an investigation an even more complex task. For the industry as a whole, the evidence suggests that economies of scale which exist are modest at best. They are mostly the result of the complementarities between the various services offered. Having found weak cost complementarities, it seems that a concentrated structure of carriers leads to productive efficiency.

With reference to the analysis, serious obstacles have not allowed to predict with precision and confidence, conduct from structure and performance from conduct. Rather, the work can be summarized as having explored structure linkages to conduct. It clearly identifies the need to investigate in a more complete matter the determinants of the existing structure of the air transport industry. Only then would it be possible to understand the detailed interactions among basic conditions, market structure, conduct, and performance. Because of the functional form used, it was not possible to determine for each individual service, the range of outputs over which average incremental costs are decreasing. Had this been

achieved, this would have allowed one to determine the number of firms required for an efficient production of each of the air services offered. It is therefore necessary to pursue the empirical analysis to determine the cost-minimizing structure for the Canadian air transport industry. From a policy-making perspective, the evidence gathered is not sufficient to support a reformulation of public policy in relation to Canadian air transport services.

FOOTNOTES

1 The pressure has resulted in May, 1984 in a reduction of regulation and a greater emphasis on competition in southern Canadian markets.

2 (Baumol & others, p. 170).

3 Such a configuration is called in the theory of contestable markets a sustainable industry configuration.

4 Baumol & others, p. 405-406.

5 Baumol & others, p. 406.

6 The translog cost function has allowed one to test whether the cost function does/does not correspond to a homothetic production structure. When a cost function corresponds to a homothetic production structure, it implies that the cost function can be written as a separable function in output and factor prices. See Appendix 3 for a description and a presentation of the results of the test.

BIBLIOGRAPHY

Barten, A.P. "Maximum Likelihood Estimation of a Complete System of Demand Equations." European Econ. Rev. 1, Autumn, 1969; pp. 7-73.

Baumol, W.J., Panzar, J.C., and Willig, R.D. Contestable Markets and the Theory of Industry Structure. HBJ Inc., 1982.

Brown, R.S., Caves, D.W., and Christensen, L.R. "Modelling the Structure of Cost and Production for Multiproduct Firms." Southern Economic Journal 46, July, 1979, pp. 256-73.

Caves, D.W., Christensen, L.R., and Swanson, J.A. "Productivity Growth, Scale Economies and Capacity Utilization in U.S. Railroads, 1955-74." The American Economic Review 71, December, 1981, pp. 994-1002.

Christensen, L.R. and Green, W.H. "Economies of Scale in U.S. Electric Power Generation." Journal of Political Economy 84, 1976, pp. 655-675.

Fuss, M. and Waverman, L. Multi-Product, Multi-Input Cost Functions for a Regulated Utility: The Case of Telecommunications in Canada. Toronto, University of Toronto Institute for Policy Analysis, 1978.

Fuss, M., and Waverman, L. The Regulation of Telecommunications in Canada. Technical Report No. 7. Ottawa, Economic Council of Canada, March 1981.

Galant, R.A., and Golub, G.H. Imposing curvature restrictions on flexible functional forms, Journal of Econometrics 26, 1984, pp. 295-321.

Gillen, D.W., and Oum, T.H. Cost structures and performance measures of the Canadian airline industry, Canadian Transport Commission, WP 40-84-20, 1984.

Kmenta, J. Elements of Econometrics. New York, Macmillan Publishing Co. Inc., 1971.

Panzar, J.C. and Willig, R.D. "Economies of Scope, Product-Specific Scale Economies and the Multiproduct Competitive Firm." Mimeographed, 1978.

Roy, Roger. Economies of Scale in the Airline Industry, Canadian Transport Commission, Research Report No. 10-80-06.

Roy, Roger and Cofsky, Diane. A Productivity Study of Canadian Air Carriers. Canadian Transport Commission, 1984.

Sharkey, W.W. The Theory of Natural Monopoly. Cambridge University Press, 1982.

Uzawa, H. "Production Functions with Constant Elasticities of Substitution." Review of Economics and Statistics 44, October, 1963, pp. 291-299.

APPENDICES

Appendix 1

THE HYBRID TRANSLOG COST FUNCTION

The functional form has some similarity to the ordinary translog function. It is defined whenever one of the outputs is zero. Necessary and sufficient tests of economies of scope and tests of product-specific economies of scale require a cost function which is defined at zero. The hybrid translog cost function can be written as:

$$ln C = a_o + \sum_m a_m \left[\frac{Y_m^\lambda - 1}{\lambda} \right] + \tfrac{1}{2} \sum_m \sum_n \gamma_{mn} \left[\frac{Y_m^\lambda - 1}{\lambda} \right] \left[\frac{Y_n^\lambda - 1}{\lambda} \right] + \sum_i a_i \, ln P_i$$

$$+ \tfrac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \, ln P_i \, ln P_j + \sum_m \sum_i \gamma_{mi} \left[\frac{Y_m^\lambda - 1}{\lambda} \right] ln P_i$$

A similar functional form was used by Caves, Christensen and Swanson (1981) and by Fuss and Waverman (1981).

The existence of economies of scale and scope can be tested at a point using the hybrid translog model. To simplify the formulae on which the hypotheses are based, the data are scaled so that $P_i = 1$ and $Y_m = 1$ at the point at which an hypothesis is being tested. The test of overall economies of scale reduces to:

$$S = \frac{1}{\sum_m a_m}$$

A local test of overall constant returns to scale reduces to a test of the null hypothesis

$$\sum_m a_m = 0$$

To obtain a local test of product-specific economies of scope with respect to freight unit toll services, when $P_i = Y_m = 1$, then:

$$C(Y_1, Y_2, Y_3) = C(1, 1, 1) = exp[a_o]$$

$$C(Y_1, 0, Y_3) = C(1, 0, 1) = exp\left[a_o - \frac{a_2}{\lambda} + \frac{\gamma_{22}}{2\lambda^2}\right]$$

$$C(0, Y_2, 0) = C(0, 1, 0) = exp\left[a_o - \frac{1}{\lambda}(a_1 + a_3) + \frac{1}{2\lambda^2}(\gamma_{11} + \gamma_{33} + 2\gamma_{13})\right]$$

Hence

$$SC_2 = \frac{exp\left[a_o - \frac{a_2}{\lambda} + \frac{\gamma_{22}}{2\lambda^2}\right] + exp\left[a_o - \frac{1}{\lambda}(a_1 + a_3) + \frac{1}{2\lambda^2}(\gamma_{11} + \gamma_{33} + 2\gamma_{13})\right] - exp[a_o]}{exp[a_o]}$$

In a similar way, the null hypothesis of an absence of product specific economies of scale with respect to freight unit toll services can be tested. At the point $P_i = Y_m = 1$, the incremental cost of producing Y_2 is:

$$IC_2 = C(1, 1, 1) - C(1, 0, 1) = exp[a_o] - exp\left[a_o - \frac{a_2}{\lambda} + \frac{\gamma_{22}}{2\lambda^2}\right]$$

The degree of product a specific returns to scale is given by:

$$S_2 = \frac{IC_2}{C} / E_{cy_2} = \frac{exp[a_o] - exp\left[a_o - \frac{a_2}{\lambda} + \frac{\gamma_{22}}{2\lambda^2}\right]}{a_2 \cdot exp[a_o]}$$

The hybrid translogarithmic cost function, with its Box-Cox transformation of outputs, requires a non-linear procedure for its estimation. When applied to the Canadian air transport industry the estimation of the function iterated without converging. The formulae presented in this appendix are derived from the hybrid translogarithmic

cost function. For the translogarithmic function, there is no mathematical binding rule that would allow one to formulate the same tests. In any case, with a view towards application, the formulae have been applied knowing that the results arrived at by means of them would only be deductively provable.

Appendix 2

GLOBAL ECONOMIES OF SCALE AND TOTAL ECONOMIES OF SCALE

The measure of total economies of scale is proven below to be equivalent to the local measure of overall economies of scale.

Since *GES* is defined as:

$$GES = 1 / \frac{\Sigma}{T}\left(\frac{\delta C}{\delta Y_T}\frac{Y_T}{C}\right) and C_T = \frac{\delta C}{\delta Y_T}$$

and S is defined as a weighted sum of the S_T as:

$$S = a_n S_n + (1 - a_n) S_{T-n} / 1 - SC_T$$

$$= a_n S_n + a_{T-n} S_{T-n} / 1 - SC_T$$

$$= \left| \frac{Y_n C_n}{\sum_T Y_T C_T} \cdot \frac{IC_n / Y_n}{C_n} + \frac{Y_{T-n} C_{T-n}}{\sum_T Y_T C_T} \cdot \frac{IC_{T-n} / Y_{T-n}}{C_{T-n}} \right| / \frac{IC_n + IC_{T-n}}{C}$$

$$= \left| \frac{IC_n}{\sum_T Y_T C_T} + \frac{IC_{T-n}}{\sum_T Y_T C_T} \right| \frac{C}{IC_n + IC_{T-n}}$$

$$= \frac{C}{\sum_T Y_T C_T} = \frac{C}{\sum_T Y_T \, \delta C / \delta Y_T} = \frac{1}{\frac{\Sigma}{T}\left(\frac{Y_T}{C}\frac{\delta C}{\delta Y_T}\right)} = GES$$

The denominator of S being $1\text{-}SC_T$, S takes into account the product-specific economies of scope. However, since measuring S is the same as measuring *GES*, *GES* takes also into account of the product-specific economies of scope. Since S is also a weighted sum of the product-specific economies of scale, *GES* takes into account of the product-specific economies of scale.

Appendix 3

TESTS OF THE COST FUNCTION FORM

The various properties of the air carriers' costs which were measured and presented in the text, are derived from the general form of the translogarithmic cost function. By this is meant that the cost function for carriers is non-homothetic and non-homogeneous and the elasticities of substitution are not unitary. These properties are determined by the data. In addition, it is the data that showed how to take technological change into account. It is important to explain how the data determine the form of the function used in the analysis.

A production process is said to be homothetic if the proportions of the production factors used do not vary with the levels of output. In the cost function, this is shown as $\gamma_{mi}=0$, the parameters relating outputs to inputs are null. If the cost function is said to be homogeneous, then, by definition it must first be homothetic and then the cost elasticity among outputs has to be constant. The cost elasticity among outputs is constant if $\gamma_{mn}=0$.

In the literature, one frequently sees models where the elasticity of substitution among factors equals one. The Cobb-Douglas function, for example, imposes this restriction <u>a priori</u>. The translogarithmic function enables one to test this hypothesis. If it is verified, the second-degree terms in the factor prices are equal to zero ($\gamma_{ij}=0$).

For each of the models (1-output and 3-outputs), five series of constraints are tested:

(1) homotheticity;

(2) homogeneity;

(3) unitary elasticity of substitution;

(4) unitary elasticity of substitution and homotheticity; and

(5) unitary elasticity of substitution, and homogeneity.

In adddition, these six models are estimated with multiplicative T, with T as a trend and without T, to test whether technological change during this period is important enough to be considered in the specification of the cost function.

For example, in order to verify that homogeneity is a characteristic of the sample under study, there are two stages. First, the general model, with no special hypotheses is estimated and this estimate produces a covariance matrix of residual errors. Then the model with constraints, assuming homogeneity, for instance, is estimated and another matrix of covariance of errors is produced. The test that determines which model to choose is the likelihood ratio test defined as:

$$T\left(ln\left|\hat{\Omega}_R\right| - ln\left|\hat{\Omega}_u\right|\right) = \chi^2_q$$

where T is the number of observations, $|\hat{\Omega}R|$ is the determinant of the matrix of covariance of errors estimated in the model with constraints, $|\hat{\Omega}u|$ is that value for the model without constraints and q is the number of

independent constraints. If X^2_q is found to be greater than the critical value for X^2_q at a given threshold of confidence, the constraints must be rejected since they do not apply to the sample under consideration.

After applying the likelihood ratio test to each of the constrained models, the general model with multiplicative T was selected for both the one and the three outputs cost function.

Table A3.1 shows the results of the likelihood ratio tests that led to selection of the general one-output model and Table A3.2 shows the same tests for the three-output model.

The process of producing services during the 1968-1981 period among Canada's air carriers is found to be non-homothetic and non-homogeneous, implying that when carriers wish to increase their level of output (in passenger-miles, for example) there will be a change in the relative proportion needed of each production factor. The most obvious example is the use of one larger aircraft to replace two smaller ones on a given route. The number of aircraft is reduced by half but the number of employees required to offer this new service changes in different proportions. The resulting capital/labour ratio is different and in this case the fuel/capital ratio is also affected. The property of homogeneity means that cost elasticity of the outputs will remain constant for all levels of production. In order for this to be true, there can be no relationship between the various outputs. In other words, each factor is specific to a product and thus no cost complementarity is observed in the production of the various outputs. Since this is not the case, it is clear

that Canadian carriers derive an advantage from using the same aircraft for both regular and charter services, for example.

This analysis has considered certain conditions that the cost function must respect in order to make the analysis valid. This appendix concludes by discussing certain properties of the functions that determine what level of confidence can be assigned to the analytical results.

A good production function must be homogeneous of degree one in its factor prices, as well as monotonic and convex in these factor prices. The first of these conditions has been met since the estimates were made under constraints. Monotonicity is confirmed by checking that the estimated proportions of the production factors are positive, and such is the case here. For a convex function, the Hessian[1] must be negative definite for each observation. The sample used here did not allow one to verify convexity for each observation.

Table A3.1

Likelihood ratio tests for the one output cost functions.

Hypothesis	Number of restrictions	X^2 Calculated	Critical X^2 (5%)
Models with T multiplicative to account for technological change			
Homotheticity	5	26.9	11.1
Homogeneity	6	29.5	12.6
Unitary elasticities of substitution	10	196.7	18.3
Homothetiticy and unitary elasticities of substitution	15	229.3	25.0
Homogeneity and unitary elasticities of substitution	16	228.6	26.3
Models without T			
Homotheticity	4	21.5	9.5
Homogeneity	5	21.6	11.1
Unitary elasticities of substitution	10	221.9	18.3
Homotheticity and unitary elasticities of substitution	14	292.8	23.7
Homogeneity and unitary elasticities of substitution	15	293.3	25.0
Models with T to account for technological change			
Homotheticity	4	20.6	9.5
Homogeneity	5	20.7	11.1
Unitary elasticities of substitution	10	220.2	18.3
Homotheticity and unitary elasticities of substitution	14	291.0	23.7
Homogeneity and unitary elasticities of substitution	15	293.6	25.0
Simple trend for technological change	1	0.05	3.8
Multiplicative trend for technological change	7	56.3	14.1
Multiplicative versus simple trend for technological change	6	56.3	12.6

Table A3.2

Likelihood ratio tests for the three outputs cost functions.

Hypothesis	Number of restrictions	X^2 Calculated	Critical X^2 (5%)
Models with T multiplicative to account for technological change			
Homotheticity	15	135.2	25.0
Homogeneity	21	242.8	32.7
Unitary elasticities of substitution	10	208.7	18.3
Homothetiticy and unitary elasticities of substitution	25	339.6	37.7
Homogeneity and unitary elasticities of substitution	31	445.3	43.8
Models without T			
Homotheticity	12	135.2	21.0
Homogeneity	18	253.0	28.9
Unitary elasticities of substitution	10	264.3	18.3
Homotheticity and unitary elasticities of substitution	22	420.9	33.9
Homogeneity and unitary elasticities of substitution	28	500.0	41.3
Models with T to account for technological change			
Homotheticity	12	135.2	21.0
Homogeneity	18	253.0	28.9
Unitary elasticities of substitution	10	269.3	18.3
Homotheticity and unitary elasticities of substitution	22	428.4	33.9
Homogeneity and unitary elasticities of substitution	28	501.4	41.3
Simple trend for technological change	1	24.2	3.8
Multiplicative trend for technological change	9	58.2	16.9
Multiplicative versus simple trend for technological change	8	34.1	15.5

Appendix 4

MARGINAL COST CURVES

Working from the results obtained from the estimation of the translogarithmic cost functions, it is possible to derive marginal cost curves. These curves for each product are calculated on the basis of cost elasticity of the outputs produced and thus can be related to the economies of scale specific to each output. The cost elasticity of output m is defined as:

$$\frac{\delta \ln C}{\delta \ln Ym}$$

The marginal cost of product m is equal to the cost elasticity multiplied by C/Ym where C is the right side of the general translog cost function. When the concept of economies of scale (ES) is defined by $1/(\delta lnC/\delta lnY)$ the marginal cost (MC), it may then be written as:

$$MC = \frac{Average\ cost\ (AC)}{ES}, therefore\ ES = \frac{AC}{MC}$$

When economies of scale are present, marginal cost is less than average cost and when there are diseconomies of scale, marginal cost is greater than average cost. In other words, when there are savings in producing a greater quantity, the cost of the last unit produced (marginal cost) is less than the average cost of producing that unit (total cost divided by the number of units produced).

The marginal cost curves for total output (Y) for each carrier are shown in Figure A4.1. These curves have all been calculated on prices at the industry's average point. Marginal costs for all carriers are increasing when output is low.

It is necessary to point out that the horizontal scale of the graph shows the normalized value of the output index, which groups a number of outputs together. The normalization is based on the average point of this index for all carriers form 1968 to 1981. Whether the output index is normalized or not, it is impossible to speak of unit costs, since production is not measured in units but in normalized rates of growth. One could speak of the marginal cost of increasing output by one percent, without knowing how this one percent increase would be distributed among the various outputs.

The first observations of outputs correspond to the period when carriers began to introduce jet aircraft into their fleets, replacing the turboprop aircraft. Nordair, Quebecair and EPA introduced jets very rapidly (See A Productivity Study of Canadian Air Carriers) compared to Air Canada, CP Air and PWA, which introduced this equipment more gradually. This important change in terms of costs reflects the change in the air transport industry's production structure that it brought about. Larger, longer-range aircraft made it possible for the carriers to consider previously inaccessible markets. In the short-term the purchase of these new aircraft may have increased the marginal cost of new products which they helped to create, but with time, once the adjustment period was over,

these purchases made it possible to reach decreasing marginal costs as the curves in Figure 1 indicate.

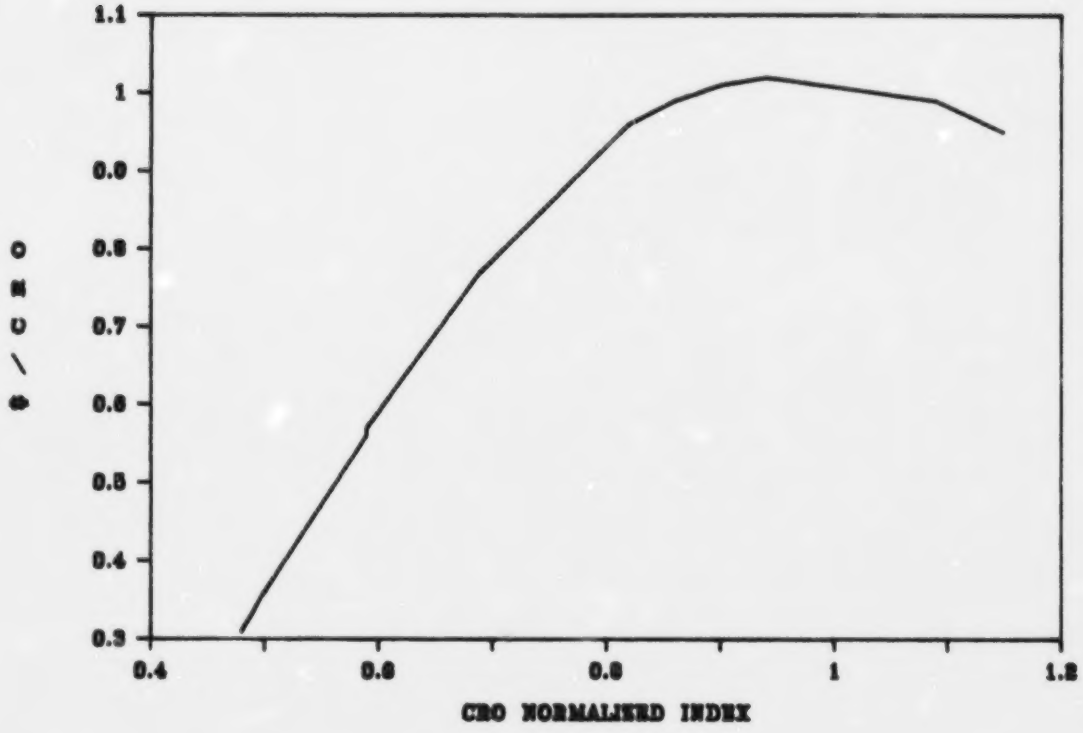
The individual marginal cost curves for regular passenger services and for charter services, for each carrier, are found in Figures A4.2 and A4.3. The marginal costs are decreasing for the major carriers for each output. The passenger output is measured in passenger-miles and the charter-flight output in ton-miles. These units enable one to see the relative importance of these outputs for each carrier, which is not possible with the Divisia normalized output index. Thus, for example, one sees that Air Canada provides the lion's share of passenger services within the Canadian air transport industry.[2]

FIGURE A.4.1

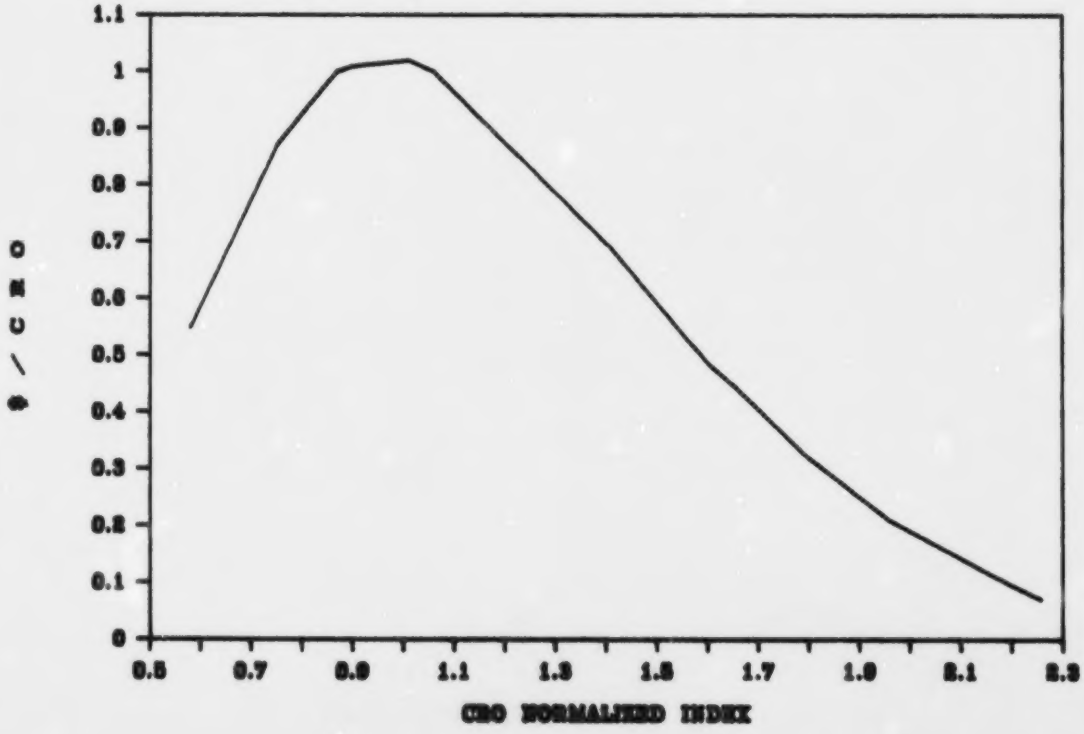
MARGINAL COST OF TOTAL OUTPUT

BY CARRIERS

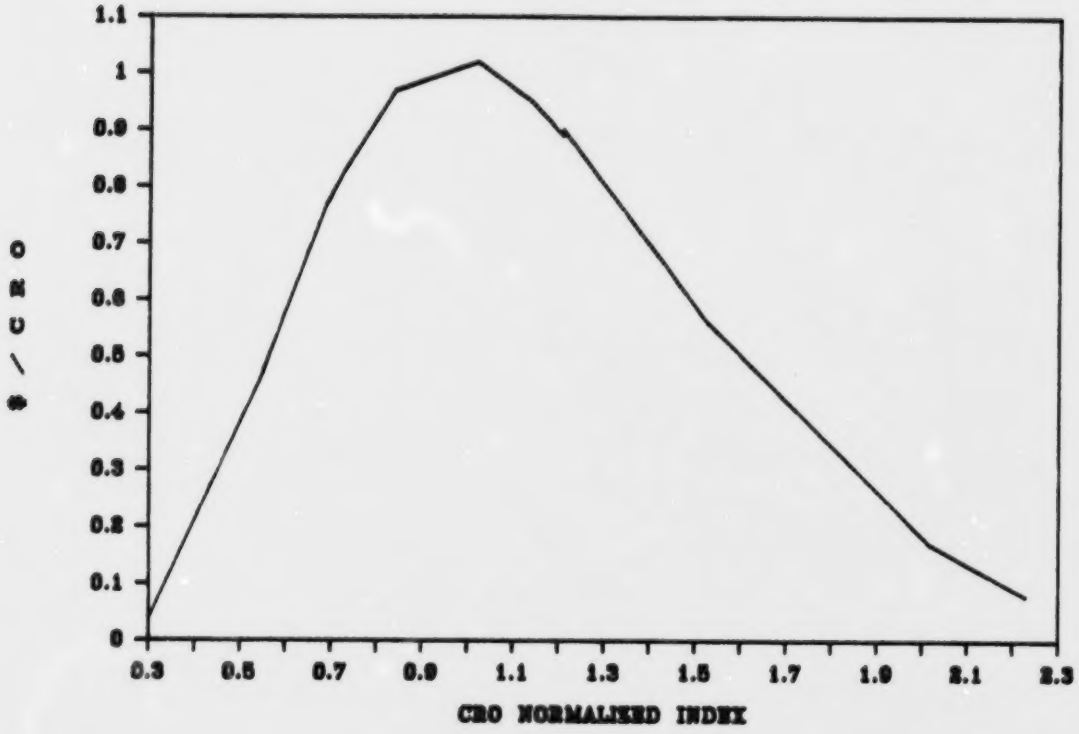
AIR CANADA



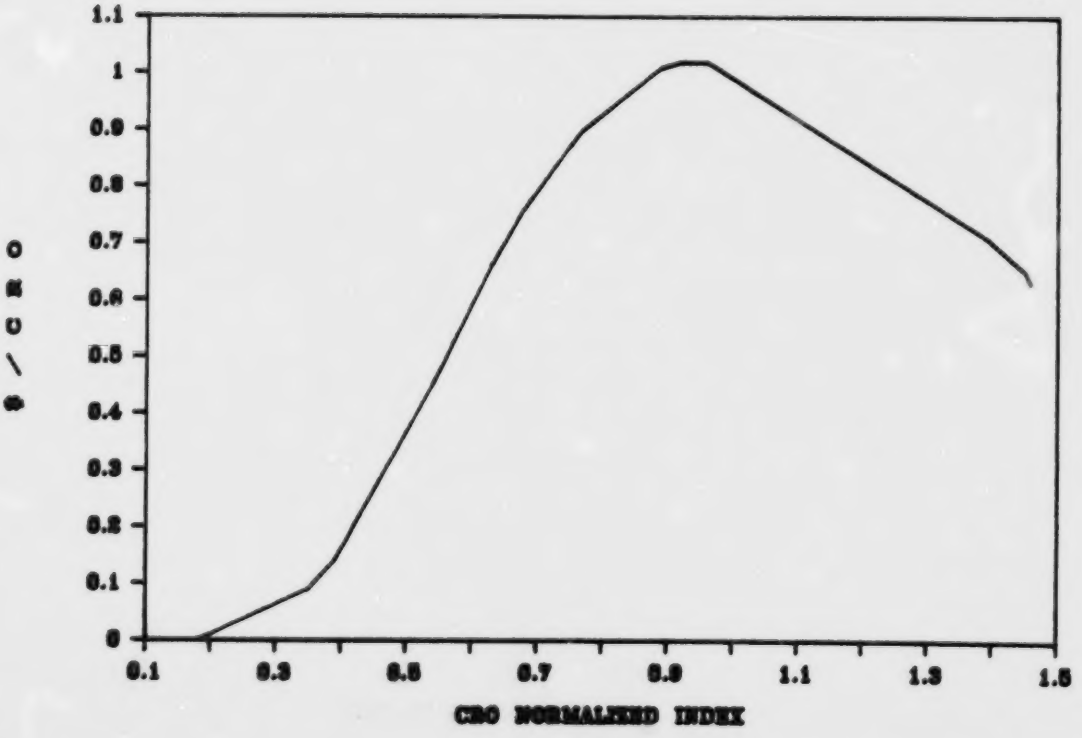
CP AIR



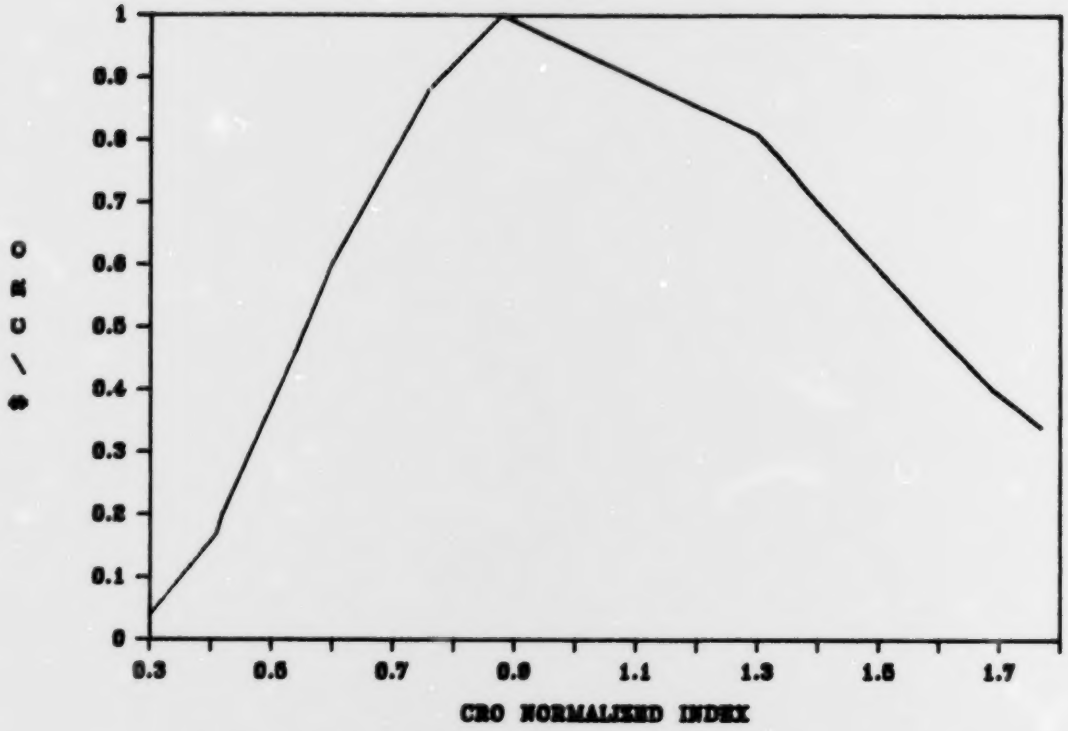
PWA


1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0.3
0.5
0.7
0.9
1.1
1.3
1.5
1.7
1.9
2.1
2.3
CRO NORMALIZED INDEX

NORDAIR


1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0.1
0.3
0.5
0.7
0.9
1.1
1.3
1.5
CRO NORMALIZED INDEX

QUEBECAIR



EPA

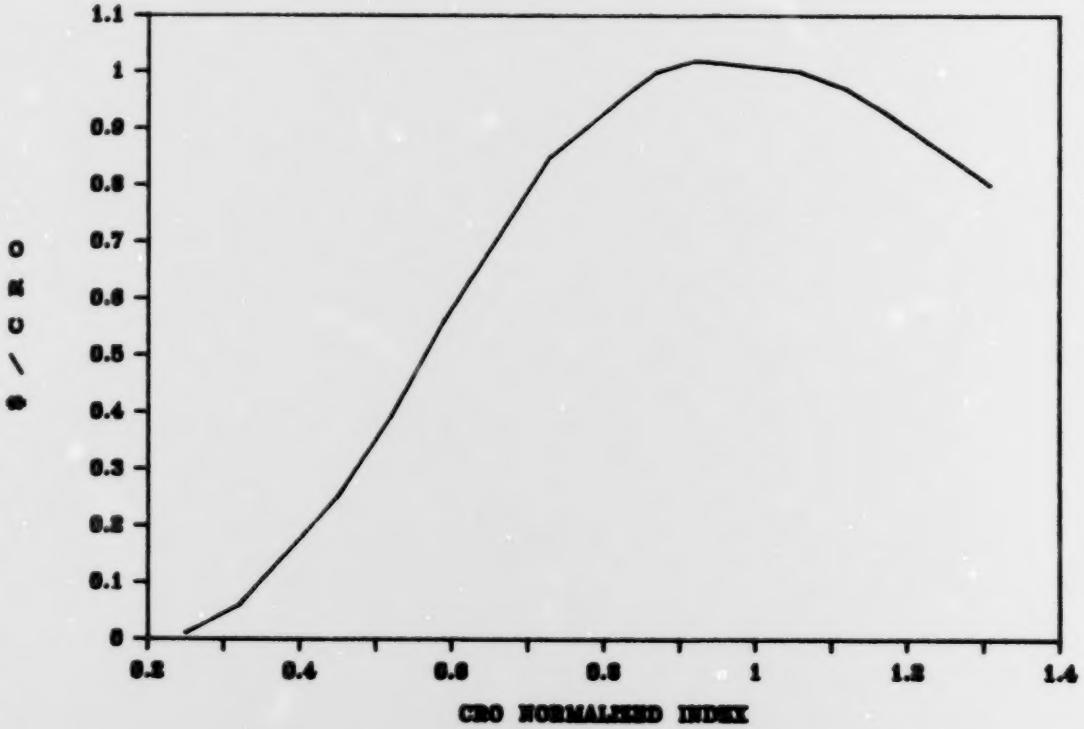
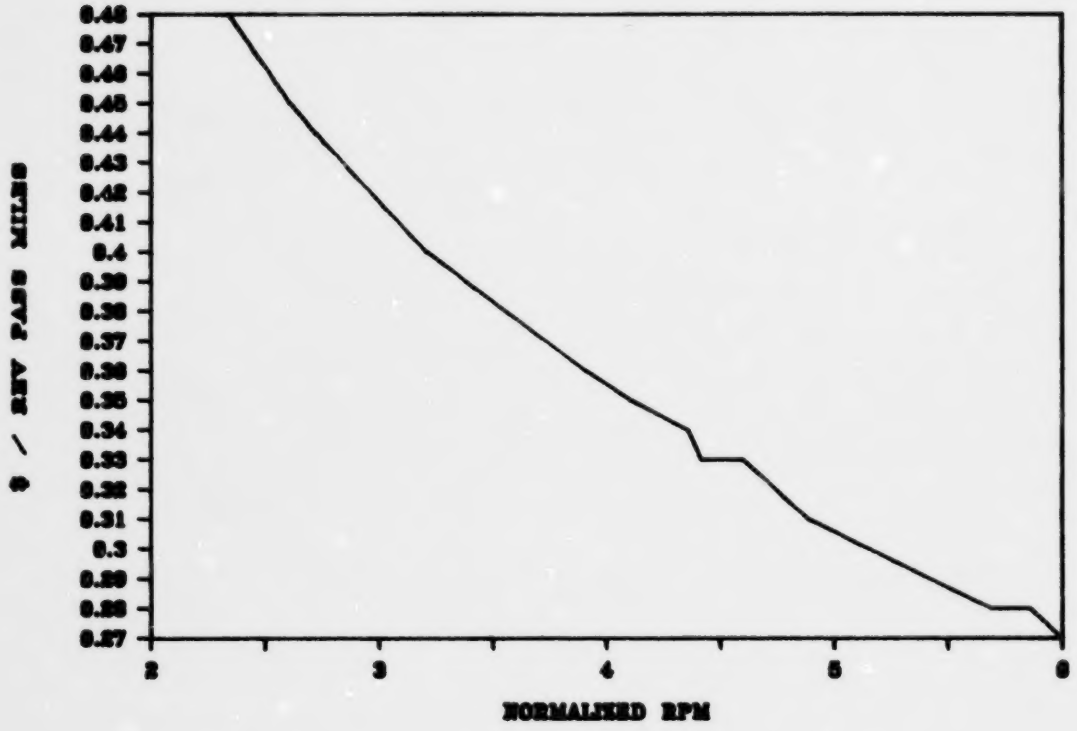


FIGURE A.4.2

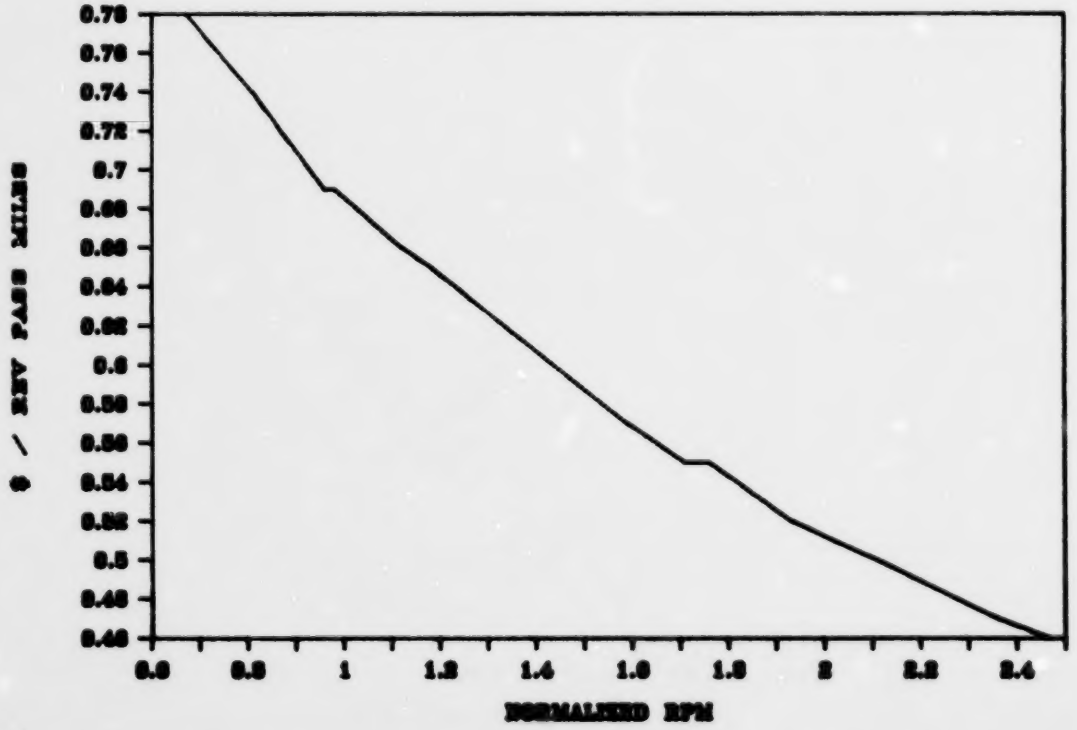
MARGINAL COST OF PASSENGER SERVICES

BY CARRIERS

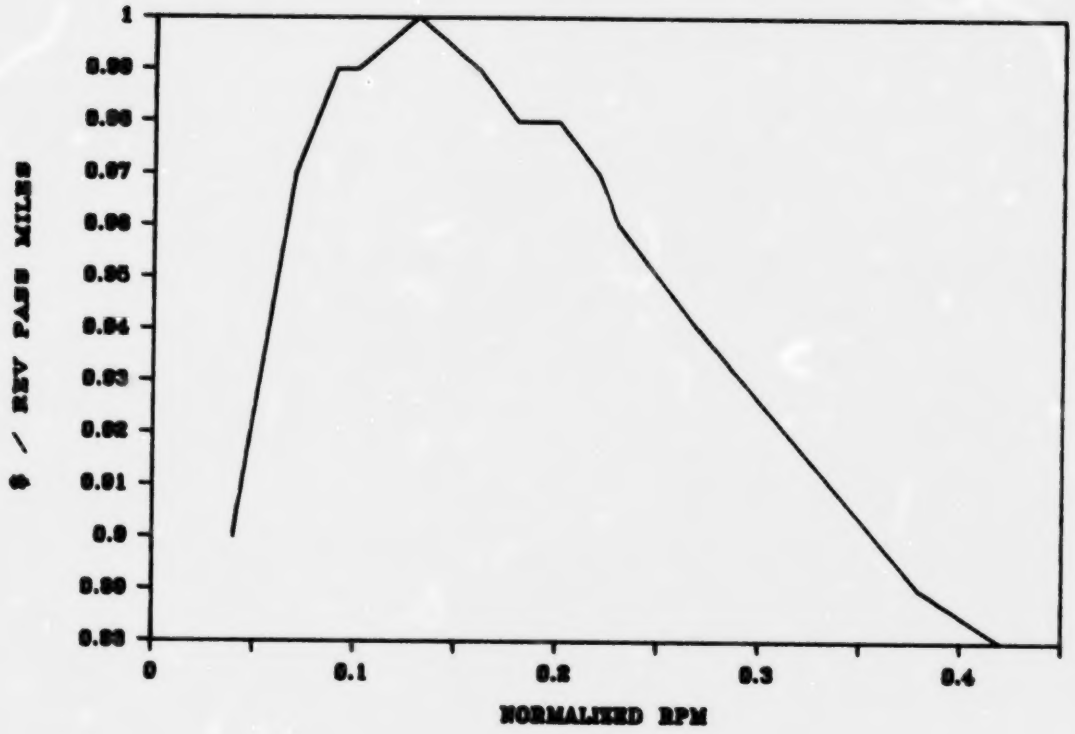
AIR CANADA



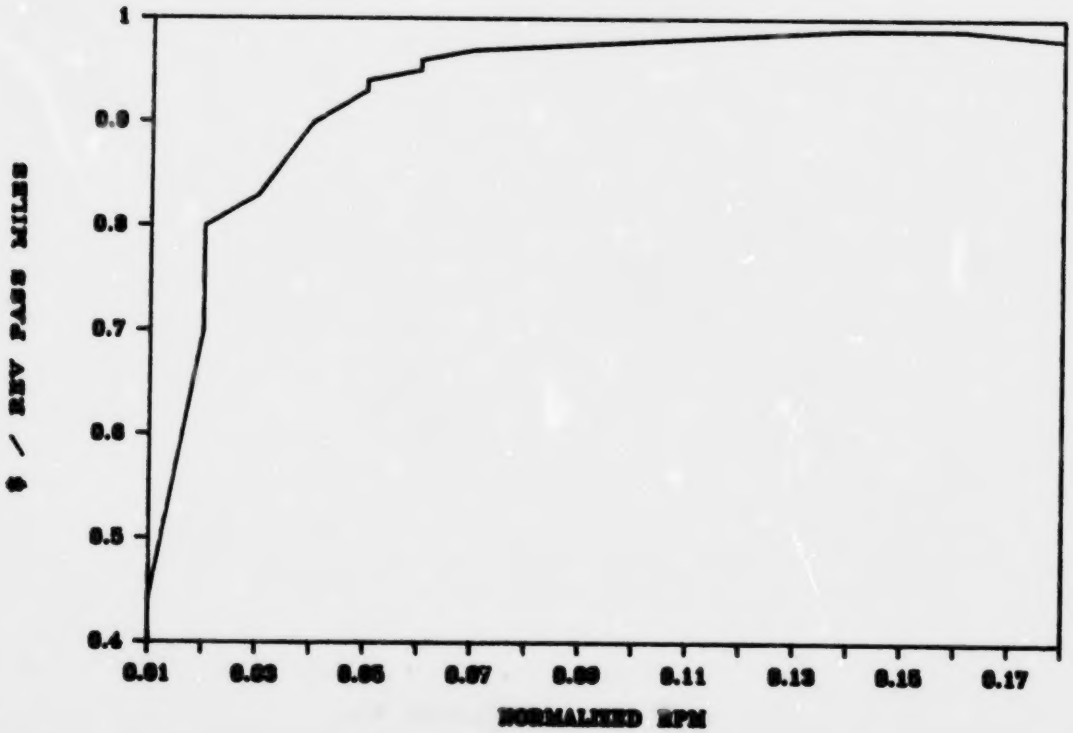
CP AIR



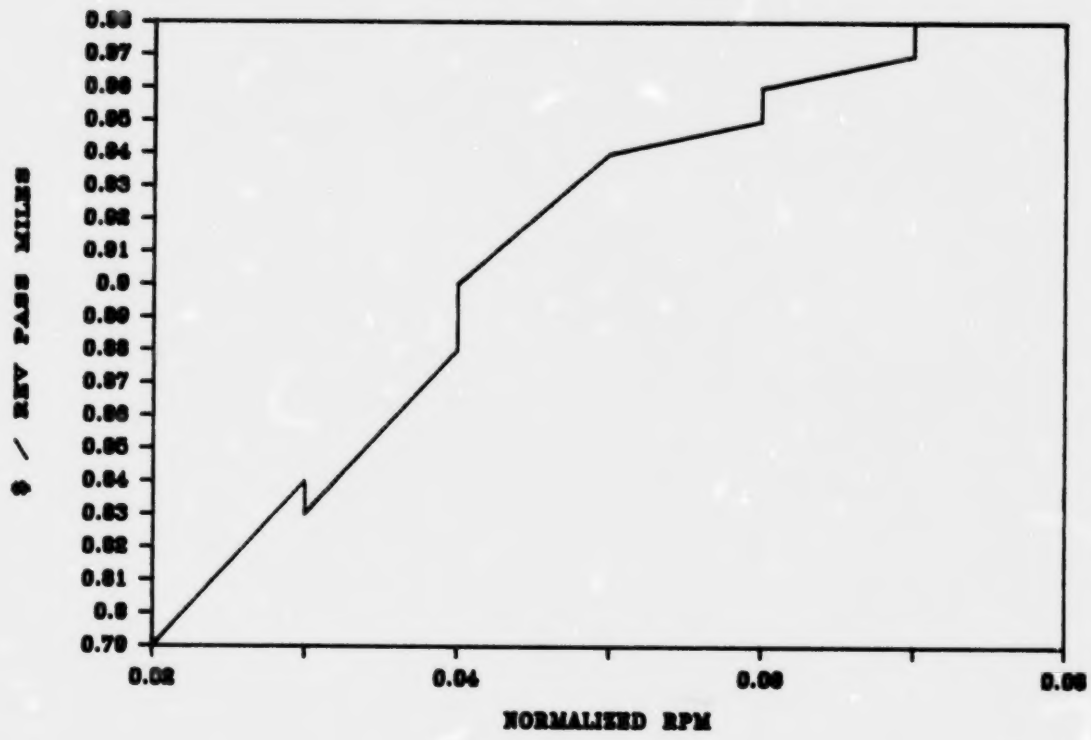
PWA


1
0.99
0.98
0.97
0.96
0.95
0.94
0.93
0.92
0.91
0.9
0.89
0.88
0
0.1
0.2
0.3
0.4
NORMALIZED RPM
SHAFT HORSEPOWER / MAX

NORDAIR


1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.01
0.03
0.05
0.07
0.09
0.11
0.13
0.15
0.17
NORMALIZED RPM
SHAFT HORSEPOWER / MAX

QUEBECAIR



EPA

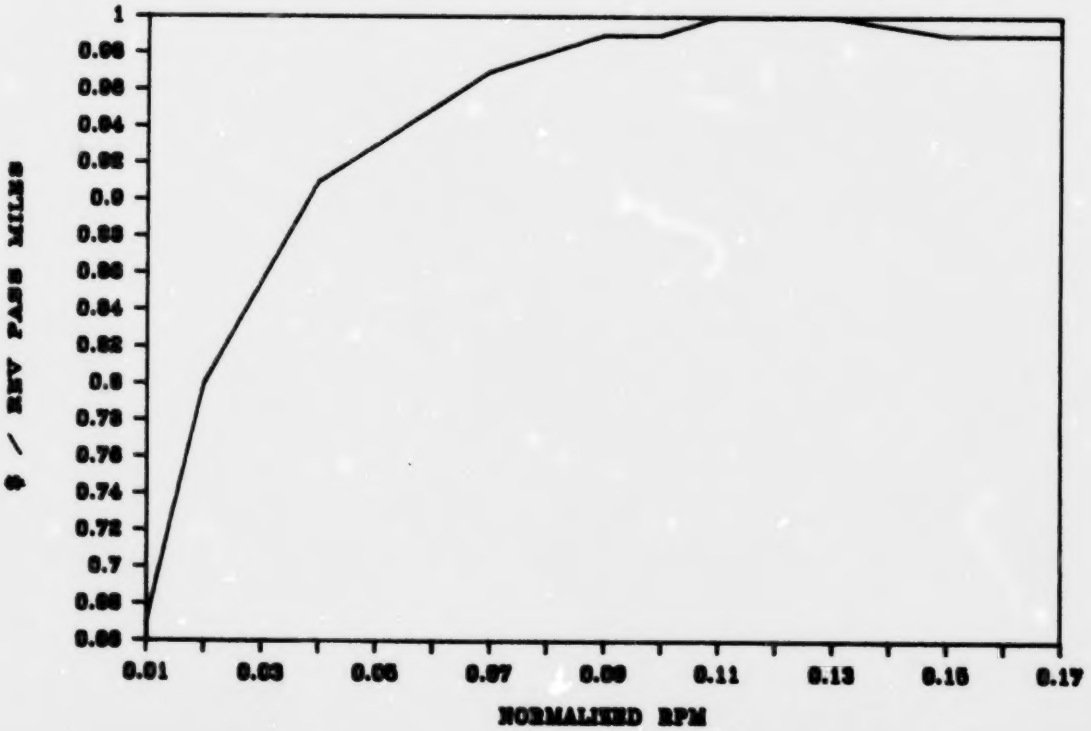
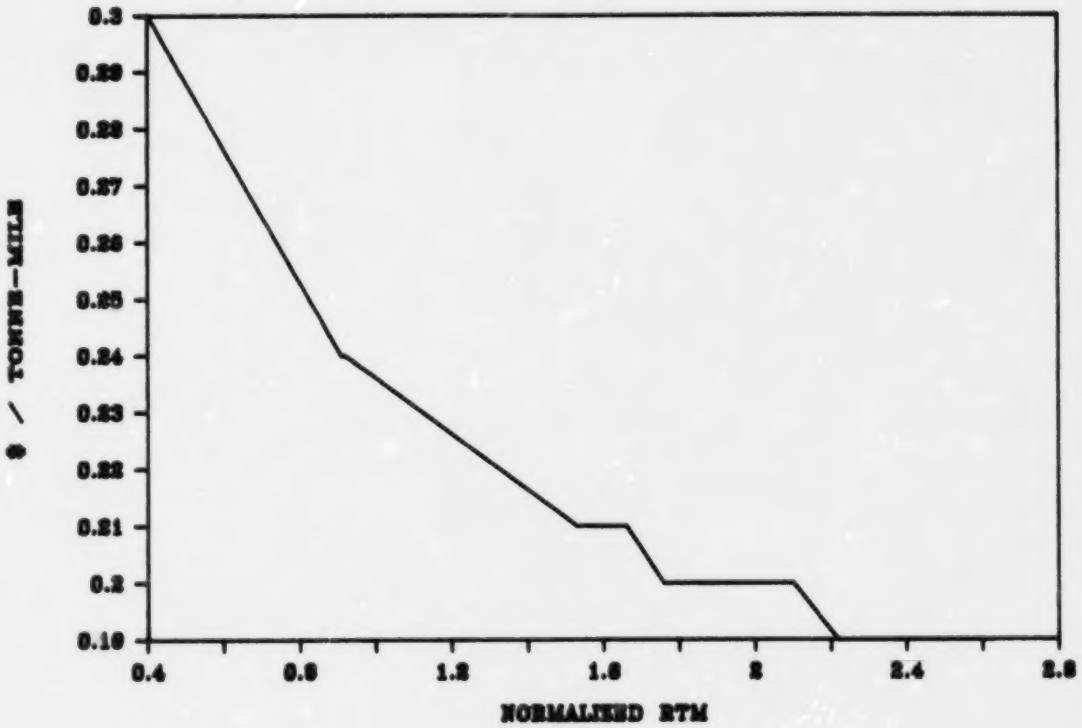


FIGURE A.4.3

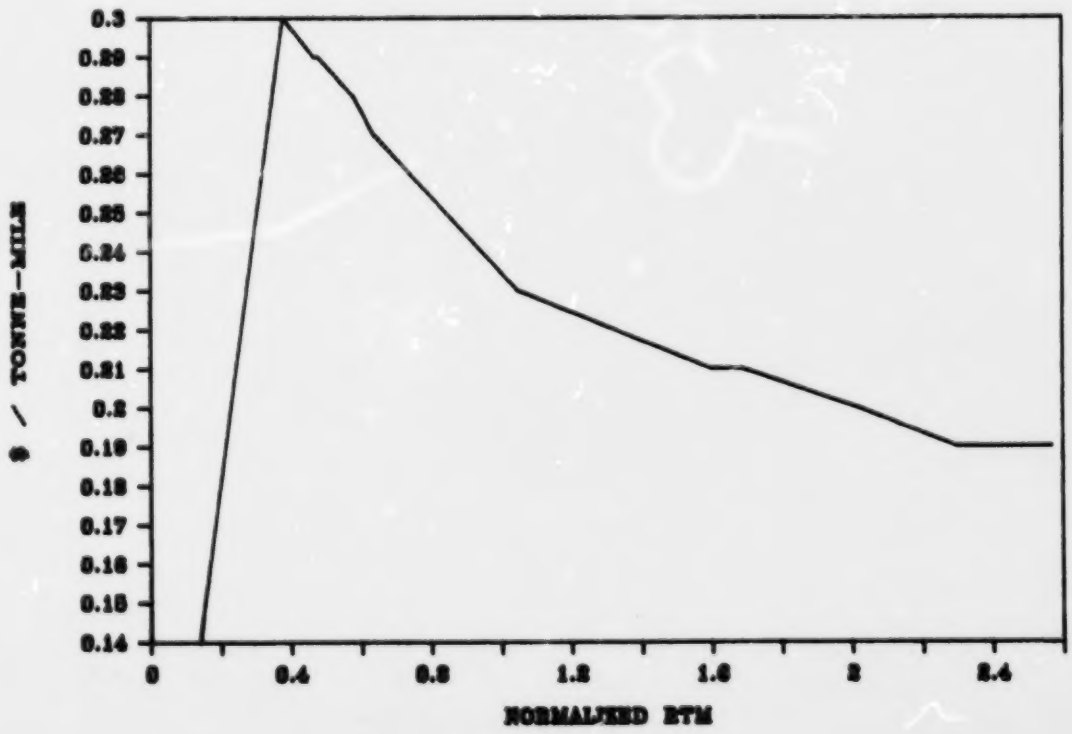
MARGINAL COST OF CHARTER SERVICES

BY CARRIERS

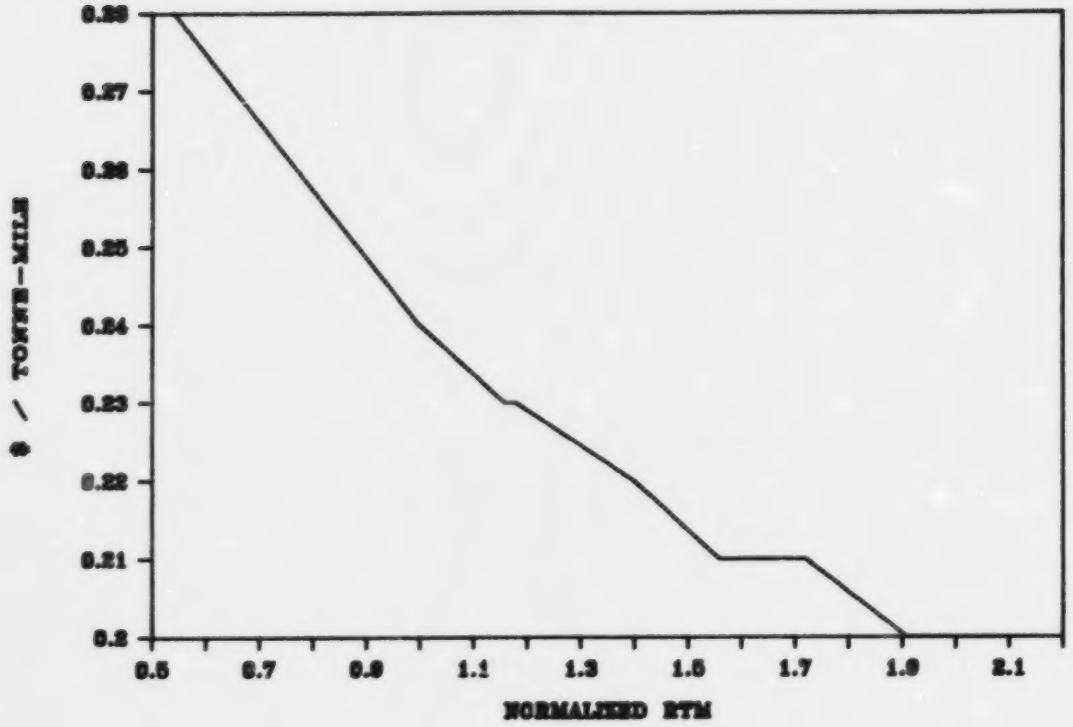
AIR CANADA



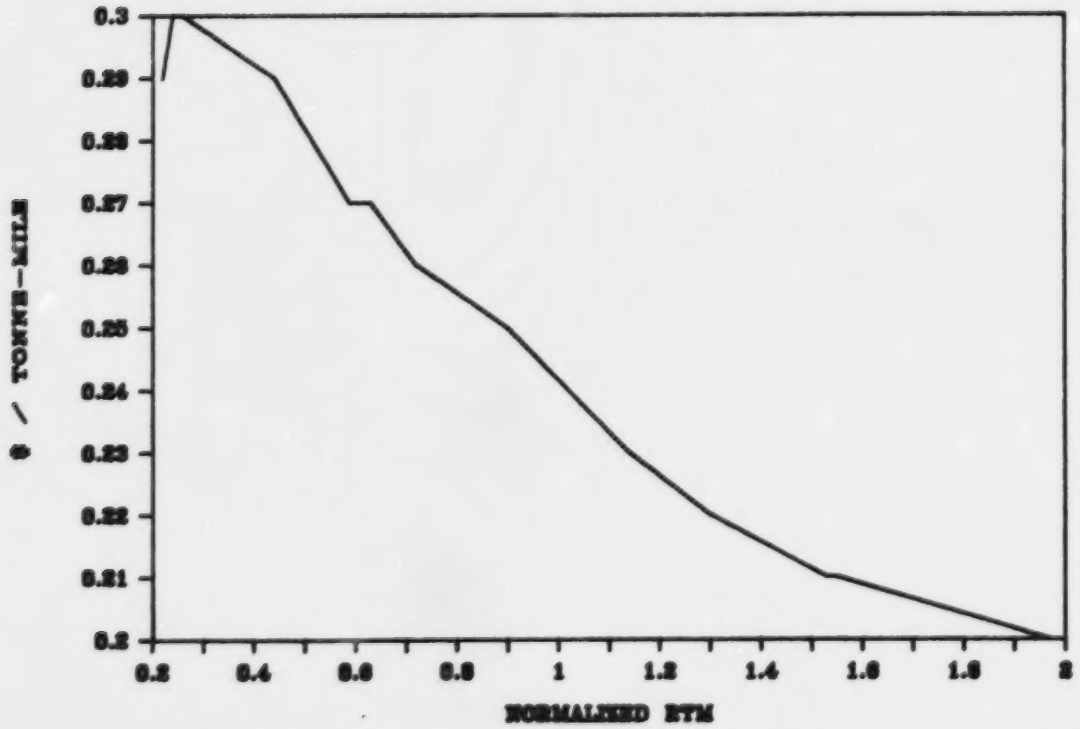
CP AIR



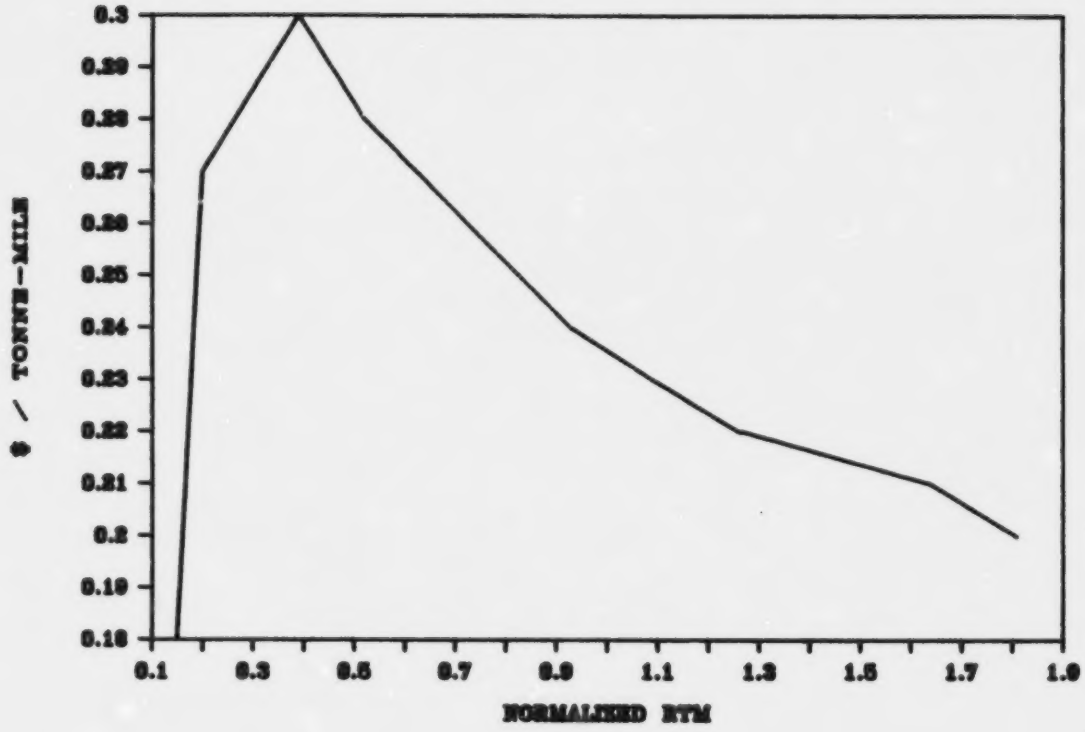
PWA


0.28
0.27
0.26
0.25
0.24
0.23
0.22
0.21
0.2
$ / TONNE-MILE
0.5
0.7
0.9
1.1
1.3
1.5
1.7
1.9
2.1
NORMALIZED RTM

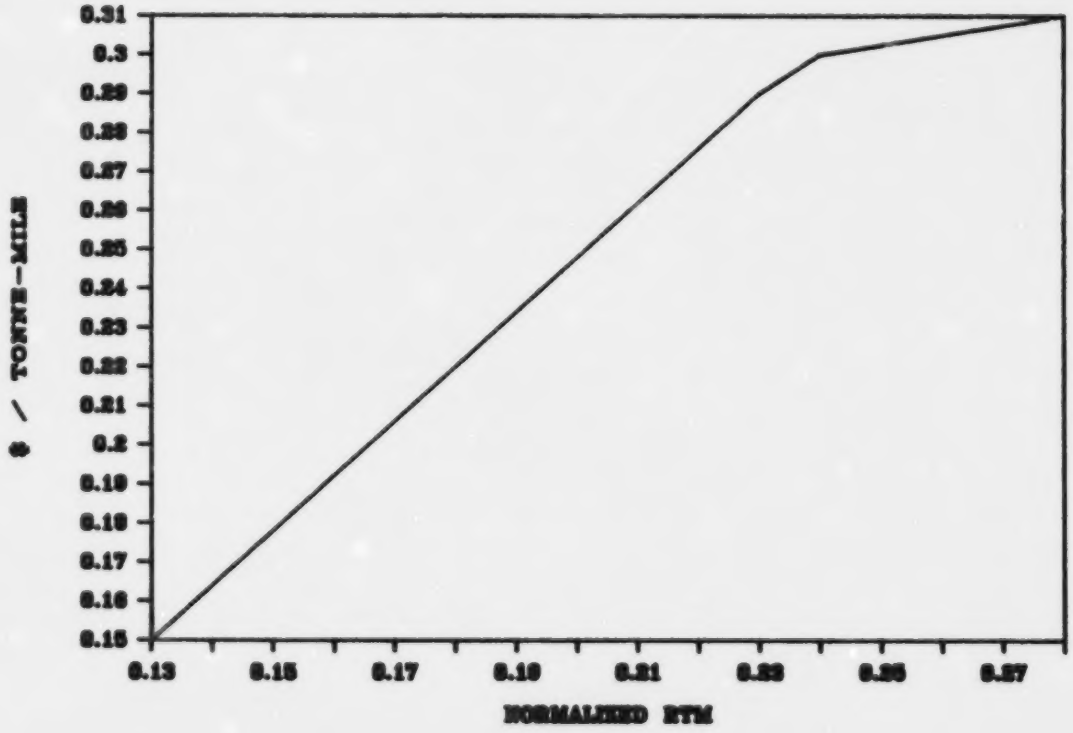
NORDAIR


0.3
0.29
0.28
0.27
0.26
0.25
0.24
0.23
0.22
0.21
0.2
$ / TONNE-MILE
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
NORMALIZED RTM

QUEBECAIR



EPA



FOOTNOTES

[1] The Hessian is the matrix of second derivatives of the cost function relative to input prices.

[2] The freight output is not shown because the paramaters of the cost function used to calculate the marginal cost are not significantly different from zero.

RESEARCH REPORTS · CAHIERS DE RECHERCHE

Commission canadienne des transports
Direction de la recherche

Canadian Transport Commission
Research Branch

Une étude empirique de la structure de production des services aériens au Canada

No 1985/03F

Canada

UN ÉTUDE EMPIRIQUE DE LA STRUCTURE DE PRODUCTION DES SERVICES AÉRIENS AU CANADA

par

Roger Roy

et

Diane Cofsky

COMMISSION CANADIENNE DES TRANSPORTS
Direction de la Recherche
Division de la recherche économique et sociale
N° de rapport 1985/03F
Avril 1985

Premier tirage, Août 1985

Commission canadienne des transports
15, rue Eddy, 15e ét., Ottawa-Hull K1A 0N9

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1984
Numéro de catalogue TT72-1985/03
ISBN 0-662-53906-0

Imprimé au Canada

PREFACE

Ce rapport intitulé "Une étude empirique de la structure de production des services aériens au Canada" examine la structure de coût des transports aériens de niveau I. Les transporteurs sous étude sont: Air Canada, CP Air, Pacific Western Airlines, Nordair, Québecair et Eastern Provincial Airways. L'étude peut être perçue comme une extension d'une étude antérieure de la CCT intitulée: "Economies d'échelle dans l'industrie du transport aérien".

Le texte comprend deux parties principales. La première présente les résultats empiriques tirés d'une fonction de coût. La seconde introduit la nouvelle théorie des marchés disputables afin de permettre de dériver les implications politiques des résultats empiriques. L'étude a été préparée par Roger Roy et Diane Cofsky de la Direction de la recherche économique et sociale.

Ce rapport est rendu public afin d'alimenter les discussions sur l'importante question des économies d'échelle dans l'environnement changeant de l'industrie du transport aérien. Cependant, les opinions émises sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les vues de la Commission canadienne des transports.

Yves Dubé

Le vice-président à la recherche

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à exprimer leurs remerciements à toutes les personnes qui, à un moment ou à un autre, ont émis des remarques utiles à l'exécution de cette étude, et plus particulièrement à George Hariton, Richard Lake, Julius Serafin, Mara Lee MacLaren, John Gibberd et Jean-Pierre Roy. Ils sont reconnaissants à Richard Fosbrooke, John A. Greig, Dan Laprade et Michel Roland d'avoir patiemment et soigneusement revu plusieurs versions préliminaires de ce document et d'avoir fait des suggestions fort pertinentes. Ce document n'aurait pu être rédigé sans l'aide de Sandra Thompson et de Bev Cleary et sans les données transmises par le Centre des statistiques de l'aviation. Louise Henry et Joanne Berlinguette se sont chargées avec compétence de la dactylographie. Il va sans dire que les auteurs seuls, et non les personnes susmentionnées, assument l'entière responsabilité du contenu du présent document.

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE			iii
REMERCIEMENTS			v
TABLE DES MATIÈRES			vii
INTRODUCTION			1
PREMIÈRE PARTIE	Résultats empiriques		5
	I.1	Introduction	7
	I.2	Méthodologie	9
	I.3	Évaluation de la substitution entre les facteurs	14
	I.4	Effets liés à l'échelle de production et au champ d'activités	23
		I.4.1 Tests des économies d'échelle et de champ d'activités totales	24
		I.4.2 Résultats empiriques relatifs aux effets de l'échelle de production et du champ d'activités	27
		I.4.3 Économies d'échelle et de champ d'activités propres à chacun des produits	38
	I.5	Changement technologique	43
	I.6	Comparaison	46
DEUXIÈME PARTIE	Observations tirées des résultats empiriques en vue de l'élaboration de politiques		55
	II.1	Introduction	57
	II.2	Éléments déterminant la structure d'un marché	58
	II.3	Marchés disputables	63
	II.4	Observations utiles pour l'élaboration de politiques	69
CONCLUSION			77
BIBLIOGRAPHIE			81
ANNEXE 1	Fonction de coût translogarithmique hybride		85
ANNEXE 2	Économies d'échelle globales et économies d'échelle totales		89
ANNEXE 3	Tests de la forme de la fonction de coût		91
ANNEXE 4	Courbes de coût marginal		97

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Évaluation, par compagnie aérienne, des élasticités de substitution à partir de la fonction de coût total à trois produits (pour certaines années)	18
Tableau 2	Évaluation, par compagnie aérienne, des élasticités de substitution à partir de la fonction de coût variable à trois produits (pour certaines années)	19
Tableau 3	Évaluation, par compagnie aérienne, des élasticités - prix des intrants à partir de la fonction de coût total à trois produits (pour certaines années)	21
Tableau 4	Évaluation, par compagnie aérienne, des élasticités - prix des intrants à partir de la fonction de coût variable à trois produits (pour certaines années)	22
Tableau 5	Mesure des économies d'échelle locales	28
Tableau 6	Estimation des paramètres des fonctions de coût à trois produits	31
Tableau 7	Évaluation, par compagnie aérienne, des économies d'échelle globales à partir de la fonction de coût total à trois produits (pour certaines années)	32
Tableau 8	Évaluation, par compagnie aérienne, des économies d'échelle globales à partir de la fonction de coût variable à trois produits (pour certaines années)	32
Tableau 9	Résultats empiriques sur les complémentarités de coût entre les services aériens offerts par l'industrie canadienne	33
Tableau 10	Estimation des paramètres des fonctions de coût à un seul produit	36
Tableau 11	Évaluation des économies d'échelle globales à partir de la fonction de coût à un seul produit	37
Tableau 12	Résultats empiriques sur les économies d'échelle dans l'industrie canadienne du transport aérien	42
Tableau 13	Résultats empiriques sur les économies de champ d'activités propres aux divers produits dans l'industrie canadienne du transport aérien	43
Tableau 14	Comparaison des travaux de Gillen et Oum et de l'étude de Cofsky et Roy	51
Tableau 15	Rapport entre les recettes annuelles et l'investissement total et entre l'amortissement cumulé et les investissements pour l'année 1981	63

Tableau A.3.1 Tests du quotient de vraisemblance pour les fonctions de coût à un produit 94

Tableau A.3.2 Tests du quotient de vraisemblance pour les fonctions de coût à trois produits 95

LISTE DES FIGURES

Figure A.4.1	Coût marginal de la production totale par compagnie aérienne	101
Figure A.4.2	Coût marginal des services de transport de passagers par compagnie aérienne	107
Figure A.4.3.	Coût marginal des services d'affrètement par compagnie aérienne	113

INTRODUCTION

La présente étude sur la structure de coût des compagnies aériennes canadiennes peut être considérée comme la suite d'une étude menée antérieurement par la CCT et intitulée "Économies d'échelle dans l'industrie du transport aérien"[1]. Ce premier rapport présentait d'abord une description de la théorie des économies d'échelle, puis examinait les différentes recherches menées sur les économies d'échelle dans le transport aérien; enfin une analyse méthodologique conduisait à la présentation des résultats empiriques obtenus concernant l'effet de l'échelle de production dans l'industrie du transport aérien au Canada.

Ce rapport intitulé "Une étude empirique de la structure de production des services aériens au Canada" reconnaît, comme dans le cas de la première étude, l'importance des rendements d'échelle dans l'organisation des marchés et l'intervention gouvernementale. Toutefois, la présente étude s'est attachée à d'autres concepts relatifs à la détermination de la structure des marchés, concepts permettant de tenir compte de la multiplicité des services offerts par les transporteurs aériens.

Le document est divisé en deux parties. La première renferme une analyse des résultats empiriques obtenus à partir de l'évaluation des fonctions de coût pour l'industrie du transport aérien au Canada. Elle présente de manière générale l'ensemble des économies d'échelle et se termine par une étude des concepts permettant de prendre en considération

la multiplicité des produits offerts par les compagnies aériennes. Dans la seconde partie, on cherche à traduire les résultats empiriques obtenus en termes de politique. Pour ce faire, il était nécessaire de préciser au départ, comment définir une structure de marché convenable pour une industrie donnée. Plus loin, le rapport présente certaines notions apparues récemment dans les documents traitant de la structure industrielle, notions que l'on a regroupées sous le terme de marchés disputables. Ces notions sont importantes pour l'énoncé des politiques découlant des résultats empiriques obtenus. Enfin, les auteurs tirent certaines observations générales de l'application de la théorie de la disputabilité de la structure industrielle au secteur des transports aériens au Canada. Ces observations présentent par ailleurs un certain intérêt relativement à l'adoption de politiques pour cette industrie.

NOTE

[1] Roger Roy, Économies d'échelle dans l'industrie du transport aérien, Commission canadienne des transports, Direction de la recherche, rapport nº 10-80-06F.

PREMIÈRE PARTIE

RÉSULTATS EMPIRIQUES

I.1 Introduction

Le concept de production désigne, dans un sens général, la création d'un bien ou d'un service quel qu'il soit. De nos jours, même si un grand nombre d'opérations sont automatisées, tout acte productif requiert l'apport de ressources humaines. Mais d'autres facteurs de production sont généralement nécessaires, en particulier différents types de biens d'équipement et des matières brutes ou transformées. La théorie de la production analyse la manière dont un entrepreneur combine divers facteurs de production, étant donné les techniques les plus perfectionnées dont on dispose ou la relation technologique entre les produits et les facteurs de production, dans le but de produire un bien ou un service de façon rentable. En conséquence, la quantité de produits dépend ou est fonction de la quantité de facteurs de production utilisés.

L'ensemble des facteurs de production nécessaires pour offrir un service de transport aérien peuvent être regroupés dans différentes catégories telles que les immobilisations, la main-d'oeuvre et le carburant. Les coûts d'acquisition d'un avion, y compris les frais financiers, entreraient par exemple dans la catégorie "immobilisations". Le salaire du personnel de bord, la consommation de carburant, les frais d'entretien et les droits d'atterrissage représentent des frais d'exploitation considérables. Mais il y a encore d'autres coûts, tels les frais d'exploitation des installations au sol et les frais d'exploitation du réseau. On peut cependant simplifier le tout en considérant que le transport aérien de passagers et de marchandises nécessite un avion, un équipage, du carburant et une piste d'atterrissage. Si l'on réduit ainsi

la fonction de production des services aériens, on s'aperçoit qu'elle ne varie pas de manière significative d'une compagnie à l'autre. La relative homogénéité de la fonction de production s'explique par la technologie nécessaire à l'offre des services. La fonction de production des services de transport aérien sera donc homogène pour les compagnies utilisant de manière semblable des facteurs de production similaires (ex. sur un réseau similaire).

Il est possible d'obtenir, à partir de la fonction de production, différentes combinaisons de facteurs pouvant servir à atteindre un niveau de production donné. Même si des compagnies utilisent le même modèle d'avion, le même effectif de bord et le même genre de carburant, on pourra quand même observer certaines différences au niveau de la proportion de chaque facteur qui est effectivement utilisée. Ces écarts s'expliquent en partie par l'affectation des ressources, laquelle relève de la direction. Donc, si différentes combinaisons de facteurs de production peuvent donner le même niveau de production, il est possible de substituer un facteur à un autre tout en maintenant un niveau constant de production. D'autre part, le coût des ressources détermine les différentes combinaisons de facteurs pouvant être utilisés pour un niveau donné de dépenses.

I.2 Méthodologie

En général, on étudie les trois caractéristiques suivantes de la production:

- les possibilités de substitution entre les facteurs,
- l'effet de l'échelle de production, et
- le rythme et l'influence des progrès technologiques.

Dans les secteurs réglementés, comme l'industrie du transport aérien, on a toujours accordé beaucoup plus d'attention à la deuxième de ces caractéristiques. Cela s'explique par le fait qu'elle est liée à la grande question du monopole naturel. Cependant, dans un contexte dynamique, l'estimation du rythme des changements techniques ne doit pas être négligée dans l'étude des monopoles naturels.

La courbure de la fonction de production, qui représente les rendements d'échelle, montre les variations de productivité survenant lorsque la quantité de facteurs de production et le niveau de production changent avec une production plus efficace. En conséquence, les changements technologiques permettant la mise en place de procédés de production plus efficaces modifient la fonction de production. Il apparaît donc que la productivité réelle peut varier en fonction de l'efficacité de la production, des économies d'échelle et des changements technologiques. L'estimation des fonctions de production et des fonctions de transformation pour la production de produits multiples pose énormément de problèmes. Néanmoins, grâce à la théorie de la dualité, il est possible d'effectuer

une analyse empirique de la technologie de production des entreprises d'un secteur donné, à partir de fonctions de coût et de leurs particularités; c'est la démarche qui a été suivie pour la présente étude.

Si l'on considère la dualité existant entre les coûts et la production, on peut représenter le processus de production par une structure de technologie suffisamment générale pour saisir ses principales caractéristiques. Cette étude porte sur divers déterminants de la structure des marchés et présente les résultats empiriques obtenus en appliquant des techniques relativement nouvelles à l'industrie canadienne du transport aérien. Une forme fonctionnelle flexible du second degré a été utilisée. Elle a l'avantage d'être à même de représenter des processus de production à facteurs et produits multiples qui se caractérisent par des élasticités de substitution et de transformation variables, des effets non homothétiques[1] de l'accroissement de la production et un changement technologique non-neutre.[2] Par le passé, les recherches sur l'évaluation du processus de production dans l'industrie du transport aérien avaient été effectuées à l'aide de fonctions impliquant des élasticités de substitution et de transformation unitaires ou, tout au moins, constantes, des effets homogènes de l'accroissement de la production et un changement technologique neutre (Hicks)[2]. De telles restrictions ne s'appliquent pas dans le cas de l'industrie du transport aérien (voir l'annexe 3).

Dans cette analyse, la fonction de coût est au centre du processus d'estimation. On a choisi la fonction de coût en raison des avantages qu'elle présente sur la fonction de production. Pour aborder comme il convient les grandes questions de politique publique, tel le contrôle de l'entrée dans l'industrie, il faut connaître la structure de coût et c'est

par la fonction de coût que l'on peut obtenir le plus directement possible les renseignements désirés. L'unité d'observation étant la firme individuelle, il y a plus de chance que les prix des facteurs, et non les facteurs de production eux-mêmes, soient exogènes, ce qui réduit les risques d'erreur. Il est plus simple de définir une forme fonctionnelle représentant une technologie suffisamment générale à l'aide d'une fonction de coût, surtout lorsqu'il est nécessaire de décomposer les produits. Le lemme de Shephard permet d'élaborer directement et facilement un système de fonctions de demande de facteurs; ensuite, en évaluant le système de demande avec la fonction de coût, on accroît le nombre d'observations sans augmenter le nombre de paramètres à estimer.

L'estimation de la fonction de coût présente l'inconvénient de nécessiter l'hypothèse d'un comportement de réduction des coûts. Cette hypothèse s'applique assez mal aux industries réglementées puisque les prix fixés garantissent moins un tel comportement que les prix du marché. Les compagnies aériennes doivent faire face à la concurrence d'autres modes de transport dans certains marchés. De plus, la production de services de transport aérien nécessite l'emploi de biens d'équipement ayant une longue durée de vie utile. Il faut donc recourir à un modèle de réduction des coûts intertemporel et dynamique avec des coûts marginaux d'ajustement. Mais on peut utiliser deux approximations polaires pour ce modèle: (1) des coûts marginaux d'ajustement constants à long terme (la fonction de coût sans restriction identifiée dans le texte comme étant la fonction de coût total) ou (2) un modèle qui ne tente pas d'expliquer l'évolution dans le temps des services de capital et considère que le capital est exogène (la

fonction de coût avec restriction appelée fonction de coût variable dans le texte).

On a utilisé pour cette étude l'approximation translogarithmique du second degré pour une fonction de coût arbitraire. L'approximation translogarithmique de la fonction de coût prend la forme suivante:

$$\ln C = \alpha_o + \sum_m \alpha_m \ln Y_m + \tfrac{1}{2} \sum_m \sum_n \gamma_{mn} \ln Y_m \ln Y_n + \sum_i \alpha_i \ln P_i$$
$$+ \tfrac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln P_i \ln P_j + \sum_m \sum_i \gamma_{mi} \ln Y_m \ln P_i + \theta_t \ln T + \theta_{tt} \ln T \ln T$$
$$+ \sum_i \theta_{ti} \ln T \ln P_i + \sum_m \theta_{mt} \ln Y_m \ln T$$

où Y_m représente le produit m, P_i le prix du facteur i, T une variable de tendance temporelle et C le coût total. Cette fonction de coût peut correspondre à une fonction de production répondant aux critères de la théorie de production si elle est homogène de degré un dans les prix des facteurs. Ce critère d'homogénéité suppose qu'une augmentation proportionnelle de tous les prix des facteurs fait augmenter dans la même proportion le coût total.[6]

L'étude de l'industrie du transport aérien au Canada a porté sur les six plus grandes compagnies aériennes, c'est-à-dire Air Canada, CP Air, Pacific Western Airlines (PWA), Nordair, Quebecair et Eastern Provincial Airways (EPA). Pour chacune d'entre elles, les données recueillies couvraient les années 1968 à 1981. Il a donc été possible de regrouper les données fournies par chaque compagnie de manière à accroître le nombre d'observations utilisées pour évaluer les fonctions de coût.

Les variables de produits font partie des variables indépendantes de la fonction de coût translogarithmique. Il est important de tenir compte de la multiplicité des services offerts dans le secteur du transport aérien. Pour ce faire, on a eu recours à deux moyens. Premièrement, on a établi un indice d'extrant qui prend en considération huit types de produits. Il s'agit d'un indice Divisia qui permet de pondérer à l'aide des proportions relatives de revenus, les éléments suivants: transport de passagers en première classe, transport de passagers en classe touriste, fret, courrier, bagages, service exprès, vols nolisés et vols spécialisés. Toutefois, cette façon de mesurer les divers produits des transporteurs aériens équivaut à une fonction à un seul produit. Deuxièmement, on a choisi un modèle de coût à trois produits: transport de passagers à tarif unitaire, mesuré en passagers-milles payants, transport de marchandises, mesuré en tonnes-milles payantes, et enfin affrètement (passagers et marchandises), également mesuré en tonnes-milles payantes. Selon cette classification, les services de première classe et de classe touriste se retrouvent dans la même catégorie, soit le transport de passagers à tarif unitaire; les services de fret, courrier, bagages et exprès constituent une deuxième catégorie et les vols d'affrètement une troisième.

Quatre facteurs de production ont été choisis dans le but de spécifier la fonction de coût translogarithmique. Le prix de ces facteurs apparaît dans la fonction de coût. Pour chaque compagnie, on a mesuré les divers facteurs de production selon les catégories suivantes: capital, en tant que taux moyen de financement du coût des investissements, matériel, en tant qu'indice[7], carburant, en tant que prix par BTU, et enfin main-d'oeuvre, en tant que salaire annuel moyen.

I.3 Évaluation de la substitution entre les facteurs

La nature des marchés sur lesquels on achète les facteurs de production a des répercussions sur le comportement et le rendement d'une industrie donnée. Si aucune entreprise n'exerce de suprématie sur les autres, tel un pouvoir de négociation plus grand avec les fournisseurs, les marchés des facteurs de production n'auront pas d'effets sur le rendement de l'industrie. Si cette neutralité ne prévaut pas dans certains marchés de facteurs, le comportement et le rendement de l'industrie concernée seront modifiés de diverses façons. Par exemple, si les pilotes sont rémunérés selon les termes d'une convention collective régissant toute l'industrie, ils recevront tous la même rémunération, quelle que soit la compagnie aérienne pour laquelle ils travaillent. Par contre, si chaque transporteur négocie avec ses pilotes, le résultat des négociations sera fonction de la capacité de payer de chaque compagnie.

Pour l'exploitation des lignes aériennes, certains facteurs de production sont achetés sur des marchés concurrentiels, d'autres non. Par exemple, pour deux villes desservies grâce à une technologie donnée (ex. Toronto-Vancouver), le carburant, les installations d'atterrissage et les avions ont relativement peu d'effet sur les coûts des différentes entreprises. Par contre, le prix relatif des facteurs sur les marchés de la main-d'oeuvre et du capital sont nettement plus variables, et sont fonction de leur disponibilité.

Les écarts entre les prix relatifs des facteurs expliquent pourquoi les combinaisons de facteurs diffèrent entre les compagnies

aériennes. Malgré les rapports fixes entre l'importance de l'équipage, le combustible et un certain niveau de sièges-milles pour un type d'avion donné, la fonction de production des services aériens est caractérisée par des proportions variables. On peut réaliser une substitution entre les facteurs par le choix de l'avion, les gros appareils nécessitant plus d'investissements en capital et permettant une utilisation relative moindre de main-d'oeuvre que les petits.

En fait, ce sont, dans une certaine mesure, ces prix des facteurs qui indiqueront à l'entrepreneur comment combiner le plus avantageusement possible ses ressources. Les conditions physiques de la production, le prix des ressources (facteurs) et les qualités de gestionnaire d'un entrepreneur déterminent le coût de production que doit assumer une entreprise commerciale. En combinant ses facteurs de production, l'entrepreneur doit tenir compte de leur prix relatif afin de réduire au minimum le coût de production d'un produit donné ou d'optimiser la production pour un certain niveau de coût. À chaque niveau de production correspond un coût total; en associant le coût total au niveau de production, on obtient la fonction de coût. Lorsque l'on analyse un processus de production, il est intéressant d'en examiner les coûts correspondants. En connaissant ces coûts, on peut étudier le mode de fixation des prix en usage dans les entreprises.

En théorie, on obtient la combinaison optimale des facteurs de production lorsque la productivité marginale relative d'un facteur par rapport à un autre correspond au rapport de leurs prix. Si le prix d'un facteur varie, les conditions d'égalité ne prévalent plus et il y aura

substitution entre les facteurs jusqu'à ce que l'égalité soit rétablie. L'évaluation de la substitution entre les facteurs après une variation de prix s'appelle l'élasticité de substitution. Pour un processus de production comprenant trois facteurs ou plus, Uzawa (1962) a dérivé de la fonction de coût les élasticités partielles de substitution de Allen (EPSA), en considérant les facteurs deux par deux. Si deux facteurs ne se substituent pas bien l'un à l'autre, une variation du prix de l'un d'eux ne provoquera qu'une substitution minimale. Par contre, si les deux facteurs sont des substituts parfaits, une augmentation du prix de l'un d'eux amènera, pour l'autre, une hausse considérable de la quantité utilisée. On peut calculer, de la façon suivante, l'EPSA entre les facteurs i et j, à partir de la fonction de coût C:

$$\sigma_{ij} = \frac{C\,C_{ij}}{C_i\,C_j}$$

où $$C_{ij} = \frac{\delta^2 C}{\delta P_i \delta P_j} \quad \text{et} \quad C_i = \frac{\delta C}{\delta P_i}$$

En transposant cette formule à la fonction de coût translogarithmique, on obtient:

$$\sigma_{ij} = \gamma_{ij} + D_i\,D_j / D_i\,D_j \qquad \text{pour } i \neq j$$

où D_i est défini de la façon suivante:

$$D_i = \frac{\delta \ln C}{\delta \ln P_i} = \alpha_i + \sum_m \gamma_{mi} \ln Y_m + \sum_j \gamma_{ij} \ln P_j + \theta_{ti} \ln T$$

L'EPSA varie en fonction des proportions relatives des facteurs intervenant dans le processus de production. Une variation du prix de l'un des facteurs provoque non seulement une activité de substitution

relativement aux autres facteurs, mais également et nécessairement un changement dans sa propre demande. Ce changement, appelé élasticité-prix est relié à l'EPSA et est défini de la façon suivante:

$$E_j = \sigma_{jj} D_j$$

où, pour la fonction de coût translogarithmique:

$$\sigma_{jj} = [\gamma_{ij} + D_j (D_j - 1)] / D_j^2$$

Les tableaux 1 à 4 présentent des résultats empiriques concernant les élasticités de substitution et les élasticités des prix, résultats tirés des estimations de la fonction de coût. Les tableaux 1 et 2 donnent les EPSA obtenues avec la fonction de coût total et la fonction de coût variable dans les modèles à trois produits. Comme le montrent les résultats positifs obtenus pour les EPSA, les paires de facteurs évaluées étaient, pendant la période étudiée, de bons substituts pour la plupart des compagnies. Dans le modèle du coût total, c'est le carburant qui a entraîné le moims de substitution après une hausse de prix, au cours des années étudiées. Pour les mêmes années, ce sont les prises de facteurs capital-main-d'oeuvre et main-d'oeuvre-matériel qui ont provoqué le plus d'effet de substitution.

En raison du nombre de paramètres de second degré qui ne sont pas statistiquement significatifs dans le modèle de coût variable (voir le tableau 6), on doit très peu tenir, sinon pas du tout, compte de l'effet de substitution mesuré. Il faut cependant remarquer que la main-d'oeuvre et le matériel sont des facteurs complémentaires au point d'approximation[8] de la fonction de coût variable (Se reporter à la note nº 8 pour obtenir une

Tableau 1

Évaluation, par compagnie aérienne, des élasticités de substitution à partir de la fonction de coût total à trois produits (pour certaines années)

Elasticités de substitution		Capital-main-d'oeuvre	Capital-carburant	Capital-matériel	Main-d'oeuvre-carburant	Main-d'oeuvre-matériel	Carburant-matériel
Air Canada	1968	1.14	0.64	0.99	0.63	1.10	0.72
	1974	1.19	0.56	0.98	0.57	1.13	0.66
	1981	1.30	0.58	0.98	0.60	1.18	0.71
CP Air	1968	1.14	0.71	0.98	0.71	1.09	0.80
	1974	1.23	0.68	0.98	0.69	1.13	0.80
	1981	1.43	0.47	0.97	0.48	1.28	0.62
PWA	1968	1.46	0.16	0.95	0.14	1.41	0.16
	1974	1.43	0.41	0.96	0.32	1.34	0.48
	1981	1.35	-5.84	0.92	-3.46	1.39	-7.58
Nordair	1968	1.80	0.31	0.94	0.45	1.41	0.60
	1974	1.61	0.51	0.96	0.48	1.35	0.69
	1981	1.89	0.45	0.94	0.35	1.52	0.64
Quebecair	1968	1.31	0.62	0.98	0.65	1.17	0.77
	1974	1.67	-0.21	0.91	-0.12	1.69	-0.41
	1981	2.45	-0.50	0.75	-0.61	3.21	-1.57
EPA	1968	1.56	0.63	0.97	0.61	1.25	0.81
	1974	1.56	0.53	0.96	0.43	1.36	0.66
	1981	1.75	0.58	0.96	0.41	1.43	0.73
Ensemble de l'industrie*		1.29	0.54	0.98	0.54	1.19	0.66

* Au point d'approximation de la fonction

Tableau 2

Évaluation, par compagnie aérienne, des élasticités de substitution à partir de la fonction de coût variable à trois produits (pour certaines années)

Élasticités de substitution		Main-d'oeuvre-carburant	Main-d'oeuvre-matériel	Carburant-matériel
Air Canada	1970	0.89	4.04	-8.27
	1979	0.96	0.59	3.38
CP Air	1970	0.86	3.38	-4.68
	1979	0.93	0.11	9.47
PWA	1970	0.21	2.55	-10.74
	1979	1.06	1.88	6.66
Nordair	1970	0.88	8.02	-4.22
	1979	1.05	2.22	9.35
Quebecair	1970	1.13	-1.48	-0.53
	1979	1.09	1.77	5.70
EPA	1970	0.80	6.29	-2.30
	1979	1.44	2.66	61.51
Ensemble de l'industrie*		0.91	-1.62	16.96

* Au point d'approximation de la fonction

explication technique des limites des mesures de l'élasticité dérivées de la fonction de coût translogarithmique).

L'élasticité des prix des facteurs utilisés dans la production de services aériens, présentée aux tableaux 3 et 4, indique que plus le prix du carburant et du matériel augmente, plus la demande de ces facteurs diminue. On obtient le même résultat avec le modèle de coût total et avec le modèle de coût variable. Pour ce qui est des autres facteurs, l'élasticité-prix diffère selon la définition du modèle de coût. Avec la fonction de coût variable, la demande de main-d'oeuvre s'accroît lorsque son prix augmente tandis que le contraire se produit avec la fonction de coût total. En étudiant les élasticités des prix des facteurs calculées d'après la fonction de coût total, on constate que les compagnies aériennes n'ont pu ajuster la demande de main-d'oeuvre et de carburant dans le sens opposé à l'évolution des prix de ces facteurs. Il s'agit d'un résultat surprenant en ce qui concerne la main-d'oeuvre, mais cela doit certainement refléter la situation ayant prévalu dans la production des services aériens entre 1968 et 1981.

Tableau 3

Évaluation, par compagnie aérienne, des élasticités - prix des intrants à partir de la fonction de coût total à trois produits (pour certaines années)

Élasticités prix		Capital	Main-d'oeuvre	Carburant	Matériel
Air Canada	1968	0.25	0.54	0.02	-3.05
	1974	0.06	0.45	0.01	-2.69
	1981	-0.13	0.32	0.18	-2.48
CP Air	1968	0.20	0.55	0.18	-3.23
	1974	-0.02	0.38	0.30	-2.88
	1981	-0.22	0.26	0.13	-2.11
PWA	1968	-0.23	0.25	-0.06	-1.69
	1974	-0.18	0.25	0.03	-1.94
	1981	-0.27	0.38	1.87	-1.36
Nordair	1968	-0.39	0.25	0.24	-1.87
	1974	-0.29	0.25	0.30	-2.10
	1981	-0.34	0.30	0.31	-1.90
Quebecair	1968	-0.17	0.33	-0.08	-1.93
	1974	-0.34	0.25	0.08	-1.28
	1981	-0.42	0.40	-0.06	-0.63
EPA	1968	-0.27	0.25	0.57	-2.51
	1974	-0.24	0.25	0.24	-2.09
	1981	-0.27	0.30	0.41	-2.14
Industry*		-0.09	0.32	0.09	-2.40

* Au point d'approximation de la fonction

Tableau 4

Évaluation, par compagnie aérienne, des élasticités - prix des intrants à partir de la fonction de coût variable à trois produits (pour certaines années)

Élasticités-prix		Main-d'oeuvre	Carburant	Matériel
	1968	-1.7	0.5	0.1
Air Canada	1974	-0.4	1.2	-2.6
	1981	0.1	0.6	-2.1
	1968	19.8	0.6	23.9
CP Air	1974	-0.5	0.7	-2.2
	1981	-0.1	0.8	-2.0
	1968	-0.6	0.5	0.1
PWA	1974	-0.6	-5.4	0.1
	1981	-0.8	0.5	-2.1
	1968	-0.5	0.6	0.8
Nordair	1974	-0.6	4.7	1.2
	1981	-0.1	11.6	-2.3
	1968	-1.3	0.7	0.1
Quebecair	1974	-1.6	1.1	0.1
	1981	-0.7	5.0	0.5
	1968	-0.4	0.6	0.4
EPA	1974	-1.0	33.3	0.1
	1981	-0.2	-9.7	-2.4
Ensemble de l'industrie*		-0.5	1.3	-3.2

* Au point d'approximation de la fonction

1.4 Effets liés à l'échelle de production et au champ d'activités

Une des caractéristiques de production les plus importantes à considérer pour l'énoncé de politiques est le comportement des coûts dans un contexte de variation de la production. L'examen de ces répercussions servait dans le passé à établir si une compagnie aérienne est ou n'est pas un monopole naturel relativement à certains des services offerts. Dans le cas d'un seul produit, une baisse du coût unitaire de production (coût moyen) attribuable à un accroissement du volume de production est reliée à des économies d'échelle. Dans le cas d'une entreprise offrant plusieurs produits, il est très difficile de mesurer le coût unitaire de chaque produit puisque le seul coût unitaire que l'on puisse étudier est celui que l'on obtient à partir de l'ensemble de la production.

Un autre concept intéressant est celui des "économies de champ d'activités". Des économies de champ d'activités sont réalisées lorsque plusieurs produits peuvent être réalisés à moindre coût par une entreprise utilisant une technologie à produits multiples que par plusieurs entreprises utilisant chacune une technologie à produit unique.

Dans les formes fonctionnelles flexibles, les mesures des économies d'échelle et de champ d'activités sont fonction des données et des paramètres estimés. Ces mesures visent à déterminer si de telles économies sont ou non réalisées. Lorsque l'on veut vérifier une hypothèse, on effectue généralement le test autour de la moyenne, ce qui suppose que les données soient transformées de manière à ce que toutes les variables soient égales à l'unité pour l'observation à la moyenne. Avant de passer

aux résultats empiriques obtenus pour les économies d'échelle et de champ d'activités, il serait bon de définir quelque peu les concepts d'échelle et de champ d'activités en tant que caractéristiques des fonctions de coût.

1.4.1 Tests des économies d'échelle et de champ d'activités totales

Si l'on veut vérifier l'hypothèse du monopole naturel, on doit tout d'abord élaborer un test pour les économies d'échelle totales. Selon Christensen et Greene (1975), les économies d'échelle *(EE)* sont l'unité moins l'élasticité du coût total de la production:

$$EE = 1 - \frac{\delta \ln C}{\delta \ln Y}$$

Dans le cas de produits multiples, Fuss et Waverman (1978) définissent comme suit ce qu'ils appellent les économies d'échelle globales *(EEG)*:

$$EEG = 1 - \sum_m \frac{\delta \ln C}{\delta \ln Y_m}$$

Malheureusement, cette formule ne permet pas de calculer les économies pouvant être réalisées par suite de l'augmentation de l'échelle de production d'un seul produit dans une entreprise à produits multiples. Fuss et Waverman mesurent aussi les économies d'échelle de la manière suivante:

$$EET = \frac{1}{\sum_m \frac{\delta \ln C}{\delta \ln Y_m}}$$

C'est également une mesure locale des économies d'échelle totales *(EET)*.

EE ou *EEG* est supérieur à zéro lorsqu'il y a économies d'échelle, tandis qu'une valeur négative indique des déséconomies d'échelle. Si *EIT* est supérieur à un, cela signifie que des économies d'échelle totales sont observées localement; dans le cas contraire il s'agit de déséconomies d'échelle totales.

Dans le cas de produits multiples, la mesure la plus intéressante est celle des économies de champ d'activités. En effet, il semblerait que, dans certaines circonstances, une entreprise ait intérêt à offrir plusieurs produits à partir des mêmes facteurs de production, surtout si ces facteurs étaient sous-utilisés dans le cas d'une production unique. Afin de déterminer s'il serait moins coûteux pour une seule entreprise d'avoir un système de production combiné ou séparé (dans ce dernier cas, chaque produit serait issu d'une entreprise spécialisée), il faut comparer le coût de la production séparée de chaque produit au coût réel de la production combinée:

$$CA = \sum_{j=1}^{m} C^j(Y_j) - C(Y_1, Y_2, \ldots, Y_m)$$

Lorsque *CA* est supérieur à zéro, il y a économies de champ d'activités, et déséconomies de champ d'activités quand cette valeur est inférieure à zéro. Dans ce cas, la réduction des coûts ne pourrait se faire qu'en séparant les processus de production. Enfin, si *CA* est égal à zéro, cela signifie que la production combinée n'entraînerait ni augmentation ni diminution des coûts par rapport à un système de production séparé.

Il est nécessaire, pour évaluer la possibilité de réaliser des économies de champ d'activités totales, de mesurer les coûts additionnels.

Pour le secteur du transport aérien, il faudrait étudier la production séparée de services tels que le transport de passagers à tarif unitaire, le transport de marchandises à tarif unitaire et l'affrètement. Il faudrait également distinguer les services intérieurs des services internationaux. Il est évident que de telles observations ne pourraient être faites, ce qui rend impossible l'élaboration d'un test global pour l'ensemble des économies de champ d'activités.

Panzar et Willig (1978) ont démontré qu'une fonction de coût comme la fonction translogarithmique indique la présence d'économies de champ d'activités lorsque l'on peut observer une complémentarité de coût. Ils ont montré que l'on pouvait tester localement l'ensemble des économies de champ d'activités en utilisant la dérivée seconde de la fonction:

$$\frac{\delta^2 C}{\delta Y_i \, \delta Y_j} = \frac{C}{Y_i Y_j} \left[\frac{\delta \log C}{\delta \log Y_i} \cdot \frac{\delta \log C}{\delta \log Y_j} \right] + \gamma_{ij}$$

pour $i, j = 1, \ldots, m.$ et $i \neq j$.

Au point d'expansion, le test de la complémentarité de coût se réduit à l'expression suivante:

$$\frac{\delta^2 C}{\delta Y_i \, \delta Y_j} = \left[a_i a_j \right] + \gamma_{ij}$$

Si, pour toutes les paires de i et j, $\dfrac{\delta^2 C}{\delta Y_i \, \delta Y_j} < 0$, cela signifie que toutes les partitions de m (m étant le nombre total de produits) présentent des économies de champ d'activité. Si cela n'est pas le cas pour toutes les partitions, la fonction de coût à produits multiples permet de vérifier la présence de complémentarités faibles de coût pour les

satisfaisant la condition. Ce test est, bien sûr, local et ne se vérifie qu'au point d'approximation de la fonction.

1.4.2 Résultats empiriques relatifs aux effets de l'échelle de production et du champ d'activités

Comme on l'a vu dans l'introduction, la fonction de coût est évaluée à l'aide de trois produits et de quatre variables associées aux facteurs de production. Les trois produits sont représentés par le volume de trafic réalisé par les six grandes compagnies aériennes canadiennes.[9] Le service régulier de transport des passagers est mesuré en passagers-milles payants *(Y1)*, le service régulier de transport des marchandises en tonnes-milles payantes effectivement réalisées chaque année *(Y2)* et le service d'affrètement en tonnes-milles payantes totales *(Y3)*. Les quatre variables de prix des facteurs sont la main-d'oeuvre, le capital, le matériel et le carburant. Le prix de la main-d'oeuvre est le salaire annuel moyen versé par chaque compagnie, le prix du capital est le taux moyen de financement du coût des investissements, le matériel est un indice des sommes totales dépensées en matériaux et mesurées en dollar constant et le prix du carburant est mesuré sur la base du coût unitaire par BTU. On calcule tous ces prix chaque année pour chaque transporteur séparément. L'échantillon dont on s'est servi pour évaluer les modèles était composé des données annuelles pour la période allant de 1968 à 1981. Les variables sont normalisées autour de leurs valeurs moyennes respectives. Les données renferment des variables de tendance introduites afin de prendre en considération les changements technologiques.

sensiblement des chiffres donnés par la fonction de coût total translogarithmique. On peut donc en conclure que les économies d'échelle dans l'industrie canadienne du transport aérien ne semblent pas surévaluées par suite d'un contrôle insuffisant de l'utilisation de la capacité de production. Bien que la principale raison pour laquelle on tente d'évaluer la fonction de coût variable soit le problème des effets de l'utilisation différentielle de la capacité, la similitude des résultats obtenus avec les fonctions de coût total et de coût variable donne à penser que l'analyse empirique n'est pas faussée par une quelconque surcapacité ou ce que l'on appelle l'effet Averch-Johnson (A-J). Les compagnies aériennes utiliseraient donc une quantité optimale de capital. D'après le modèle A-J, l'entreprise essaie de minimiser le coût variable en fonction du niveau de capital, ce qui signifie que le modèle de coût variable est valable même en présence de l'effet A-J. Mais le fait que les économies d'échelle obtenues avec les modèles de coût total et variable soient similaires peut être considéré comme une preuve que l'effet A-J qui pourrait exister dans l'industrie canadienne du transport aérien n'est pas assez important pour rendre nulles les estimations dérivées du modèle du coût total.

Tableau 5

Mesure des économies d'échelle locales

Measure des économies d'échelle	Estimations obtenues à partir de la	
	fonction de coût total	fonction de coût variable
Économies d'échelle globales	0.06	0.11
Ensemble des économies d'échelle	1.06	1.12

La forme fonctionnelle translogarithmique sert à représenter une fonction de coût tenant compte de la présence d'économies d'échelle. Il est rare que l'on puisse avoir beaucoup de succès avec l'estimation d'une fonction de coût aussi générale que la fonction translogarithmique. Le nombre de paramètres à déterminer est trop grand pour la faible variation apparaissant dans les données en séries temporelles. On parvient à contourner ce problème en regroupant les séries temporelles et les séries en coupe instantanée, ce qui permet d'évaluer la fonction de coût sur plusieurs périodes pour un certain nombre de compagnies aériennes.

Selon certaines théories, les économies d'échelle estimées reflètent des variations dans l'utilisation des facteurs de production en plus des économies d'échelle qui ont été réalisées. Pour ne pas négliger cette possibilité, on a remplacé l'hypothèse de l'équilibre statique parfait par l'hypothèse d'un équilibre partiel. Il faut dans ce cas évaluer la fonction de coût variable translogarithmique telle que mis de l'avant par Caves, Christensen et Swanson (1980). Au lieu de minimiser le coût total en fonction des niveaux de production, on suppose que le coût variable est minimisé en fonction du niveau de production et du niveau d'utilisation de tout facteur de production qui est considéré quasi-fixe. On considère ici que le capital est un facteur quasi-fixe. Caves, Christensen et Swanson (1980) ont montré que l'on peut calculer directement les économies d'échelle à partir des paramètres de la fonction de coût variable.

Les estimations d'économie d'échelle que l'on obtient avec la fonction de coût variable translogarithmique (tableau 5) ne diffèrent pas

Le nombre de paramètres ayant des statistiques "t" non-significatives (tableau 6) est très important avec la fonction de coût variable. D'ailleurs, les paramètres statistiquement non-significatifs y sont plus nombreux qu'avec la fonction de coût total. Le fait d'avoir introduit, dans la définition du modèle de coût variable, des variables n'ajoutant pas une quantité d'informations appréciable au modèle d'ensemble pourrait conduire à des résultats aussi homogènes que ceux obtenus avec le modèle de coût total mais n'ayant pas une aussi grande valeur statistique.

Les résultats que donnent les modèles de coût translogarithmiques généraux établis au point d'expansion n'indiquent pas la présence d'économies d'échelle. En fait, les économies d'échelle obtenues ne permettent pas de rejeter l'hypothèse de rendements d'échelle constants dans l'industrie du transport aérien au Canada. Les estimations annuelles de l'économie d'échelle (tableaux 7 et 8) présentent des caractéristiques proches de la réalité et conformes aux attentes (valeurs plus basses au cours des premières années puis augmentation du degré d'économie d'échelle s'expliquant par un meilleur usage de la technologie des avions à réaction.)

L'utilisation d'une fonction de coût translogarithmique à trois produits permet d'évaluer la complémentarité de coût. Cependant, les modèles à trois produits donnent une idée assez imprécise de la complémentarité de coût entre les services réguliers de transport de passagers et de marchandises et les services d'affrètement (voir le tableau 9). Avec le modèle de coût variable, les complémentarités de coût obtenues sont négatives au point d'approximation pour une paire de produits, et

Tableau 6

Estimation des paramètres des fonctions de coût à trois produits

Variable	Fonction de coût total		Fonction de coût variable	
Constante	-0.09	(-5.4)	-0.04	(-1.4)
K	0.81	(54.5)	0.24	(2.6)
L	0.87	(59.7)	0.85	(8.6)
F	0.84	(41.2)	0.27	(2.8)
M	-1.53	(-61.7)	-0.12	(-1.3)
KK	0.08	(1.7)	-0.26	(-1.5)
LL	0.39	(6.5)	-0.26	(-0.5)
FF	0.21	(3.8)	0.56	(3.2)
MM	-0.21	(-9.1)	0.26	(3.3)
KL	0.21	(6.2)	0.09	(0.3)
KF	-0.31	(-7.9)	-0.20	(0.6)
MK	0.03	(0.9)	-0.29	(-1.7)
LF	-0.34	(-8.6)	-0.02	(-0.7)
ML	-0.26	(-6.1)	0.28	(1.2)
MF	0.44	(9.4)	-0.54	(-2.1)
T	-0.07	(-3.2)	-0.43	(-5.4)
TT	0.12	(6.2)	-0.08	(-1.6)
TK	-0.07	(-2.9)	0.15	(1.1)
TL	0.008	(0.4)	0.38	(1.8)
TF	0.02	(0.7)	-0.20	(-1.3)
TM	0.04	(1.2)	-0.17	(-1.4)
Y1	0.75	(10.9)	0.65	(4.9)
Y2	-0.07	(-1.1)	0.16	(1.3)
Y3	0.26	(20.4)	0.08	(3.8)
Y1Y1	-0.08	(-3.3)	-0.03	(-0.7)
Y2Y2	-0.18	(-6.8)	-0.08	(-2.1)
Y3Y3	0.12	(24.8)	0.007	(0.9)
Y1Y2	0.31	(7.0)	0.19	(3.1)
Y1Y3	0.09	(4.4)	-0.07	(-2.1)
Y2Y3	-0.15	(-7.5)	0.03	(1.0)
Y1K	0.06	(3.4)	0.31	(3.2)
Y1L	0.07	(4.1)	-0.10	(-0.9)
Y1F	-0.27	(-10.3)	0.07	(0.7)
Y1M	0.14	(4.6)	0.03	(0.2)
Y2K	0.02	(1.3)	-0.35	(-3.6)
Y2L	0.02	(1.3)	0.20	(1.8)
Y2F	0.32	(11.9)	0.02	(0.2)
Y2M	-0.37	(-12.1)	-0.22	(-1.8)
Y3K	-0.03	(-2.6)	0.13	(3.2)
Y3L	-0.02	(-2.5)	-0.01	(-0.2)
Y3F	-0.17	(-12.9)	-0.05	(-1.2)
Y3M	0.22	(13.2)	0.07	(1.3)
Y1T	-0.26	(-6.2)	-0.07	(-0.6)
Y2T	0.14	(3.4)	0.005	(0.05)
Y3T	-0.26	(-17.6)	0.04	(1.1)

Statistiques t entre parenthèses
Y1 : tarif unitaire pour les passagers
Y2 : tarif unitaire pour les marchandises
Y3 : affrètement
L : main-d'oeuvre
M : matériel
K : capital
F : carburant
T : tendance temporelle pour l'évolution technologique

Tableau 7

Évaluation, par compagnie aérienne, des économies d'échelle globales à partir de la fonction de coût total à trois produits (pour certaines années)

Compagnie	1968	1974	1981
Air Canada	-0.97	-0.47	-0.20
CP Air	-0.46	-0.001	0.04
PWA	0.03	0.49	0.51
Nordair	1.01	0.97	0.89
Quebecair	0.77	0.95	1.16
EPA	0.86	0.85	0.98

Tableau 8

Évaluation, par compagnies aériennes, des économies d'échelle globales à partir de la fonction de coût variable à trois produits (pour certaines années)

Compagnie	1968	1974	1978
Air Canada	-0.18	-0.22	-0.29
CP Air	-0.03	-0.04	-0.05
PWA	0.70	0.57	0.29
Nordair	0.83	0.66	0.53
Quebecair	0.76	0.87	0.93
EPA	0.74	0.74	0.66

négatives pour une autre paire de produits avec le modèle de coût total. Cette différence s'explique en partie par le manque de signification des termes d'interaction des produits que l'on garde dans le modèle de coût variable pour pouvoir évaluer la complémentarité de coût. Les données obtenues avec la fonction de coût variable, afin de mesurer la complémentarité de coût entre le transport de passagers à tarif unitaire et l'affrètement, sont négatives chaque année de la période étudiée pour Air Canada, CP Air et Quebecair, la plupart des années étudiées pour PWA et EPA, et seulement la première année pour Nordair. Étant donné que Nordair était, pendant la période étudiée, la compagnie qui offrait le plus de services d'affrètement, le manque de complémentarité de coût ne peut s'expliquer que par les statistiques "t" non-significatives associées aux paramètres des termes d'interaction entre Y_1Y_2 et Y_2Y_3. Il importe de noter que c'est uniquement pour Nordair que le modèle de coût variable donne une complémentarité négative entre Y_2Y_3 pendant chaque année étudiée.

Tableau 9

Résultats empiriques sur les complémentarités de coût entre les services aériens offerts par l'industrie canadienne

Complémentarité de coût entre	Estimations obtenues à partir de la	
	fonction de coût total	fonction de coût variable
Les services réguliers de transport de passagers et de marchandises	.24	.29
Les services réguliers de transport de passagers et les services d'affrètement	.26	-.02
Les services réguliers de transport de marchandises et les services d'affrètement	-.16	.04

La fonction de coût total montre une complémentarité de coût évidente entre les vols réguliers et les vols nolisés. Pour toutes les compagnies aériennes, les complémentarités de coût obtenues ($\delta^2 C/\delta Y_2 \delta Y_2$) sont négatives chaque année de la période étudiée. Pour Nordair, une complémentarité de coût apparaît également entre le transport de passagers et de marchandises pendant cinq des années étudiées (1971, 1972, 1973, 1976 et 1977). Quebecair est la seule compagnie pour laquelle la fonction de coût total indiquerait, certaines années, une complémentarité de coût entre le transport des passagers à tarif unitaire et l'affrètement (Y_1 et Y_3).

Bien que les résultats obtenus pour l'ensemble des économies d'échelle soient uniformes quelle que soit la fonction utilisée, les données concernant la complémentarité de coût sont quelque peu faussées. Comme le nombre de termes d'interaction est encore très grand dans un modèle translogarithmique à trois produits, la multicolinéarité doit être surveillée de près. En fait, les problèmes d'évaluation de la complémentarité sont peut-être dus au caractère très général de la définition acceptée.[10] Une comparaison des estimations produites par les deux modèles révèle une certaine instabilité dans les termes d'interaction de premier et second degré liés aux produits et à la technologie utilisée pour ces produits. Le paramètre associé à ces variables fluctue d'un modèle à l'autre, change de signe et perd parfois sa signification statistique.

Un des moyens de réduire le nombre de termes reliés aux produits dans le modèle translogarithmique est de ne considérer qu'un produit au lieu de trois. Pour ce faire, on regroupe les divers services offerts par les compagnies aériennes à l'aide de l'indice Divisia. Si l'on ne

considère qu'un seul produit, il devient impossible de déterminer s'il y a ou non complémentarité de coût et économies d'échelle. Toutefois, si l'on peut s'attendre à ce que les paramètres soient plus stables et les estimations plus précises, l'évaluation des économies d'échelle totales risque d'être faussée parce que le regroupement des produits est effectué selon l'indice Divisia, lequel suppose des rendements d'échelle constants.

La fonction translogarithmique à un seul produit n'améliore pas sensiblement les résultats de l'estimation, ce qui s'explique par le nombre important de paramètres n'ayant pas de signification statistique (tableau 10). Les économies d'échelle sont estimées au point d'expansion (tableau 11). On voit que les estimations du coût total et du coût variable indiquent toutes deux des déséconomies d'échelle dans le modèle à un seul produit. Les économies d'échelle annuelles présentent un comportement irrégulier mis en évidence par la comparaison des estimations du coût variable et des estimations du coût total.

Les résultats présentés dans cette partie peuvent être résumés en deux points. Premièrement, les estimations des économies d'échelle montrent que l'on ne peut rejeter l'hypothèse de rendements d'échelle constants dans l'industrie du transport aérien au Canada. Deuxièmement, la fonction de coût total indique qu'il existe une certaine complémentarité entre le coût des services réguliers de transport de marchandises et le coût des services d'affrètement.

Tableau 10

Estimation des paramètres des fonctions de coût à un seul produit

Variables	Fonction de coût total		Fonction de coût variable	
Constante	-0.62	(-5.5)	-0.48	(-3.7)
K	0.99	(88.5)	-2.67	(-5.4)
L	0.99	(89.5)	2.84	(50.4)
F	1.06	(70.5)	5.36	(72.5)
M	-2.04	(-111.6)	-7.20	(-75.9)
KK	0.04	(0.9)	4.85	(4.0)
LL	0.27	(7.3)	1.58	(6.6)
FF	0.50	(7.8)	0.92	(3.9)
MM	0.26	(4.3)	-0.20	(-0.7)
KL	0.15	(4.6)	-0.74	(-2.6)
KF	-0.16	(-3.8)	-0.25	(-0.7)
MK	-0.03	(-0.8)	0.49	(1.1)
LF	-0.26	(-7.0)	-1.35	(-7.2)
ML	-0.16	(-4.4)	-0.23	(-1.3)
MF	-0.08	(-1.8)	0.43	(2.1)
Y	1.90	(5.5)	3.09	(8.5)
YY	-2.04	(-1.7)	-8.65	(-6.5)
YL	0.04	(1.1)	-0.24	(-1.1)
YF	0.13	(2.3)	-0.09	(-0.3)
YK	0.05	(1.1)	-6.70	(-4.7)
YM	-0.22	(-3.2)	0.34	(0.9)
T	-0.49	(-1.7)	0.50	(1.4)
TT	0.18	(0.4)	-0.64	(-1.3)
TK	-0.01	(-0.4)	2.22	(2.6)
TL	0.05	(1.7)	0.34	(2.1)
TF	0.15	(3.6)	0.87	(4.3)
TM	-0.19	(-3.9)	-1.21	(-4.7)
YT	0.40	(0.3)	6.18	(3.8)

Statistiques t entre parenthèses
Y : indice de produit
K : capital
L : main-d'oeuvre
F : carburant
M : matériel
T : tendance temporelle pour l'évolution technologique

Tableau 11

Évaluation des économies d'échelle globales à partir de la fonction de coût à un seul produit

		Estimations obtenues à partir de la	
		fonction de coût total	fonction de coût variable
Industrie (au point d'approximation)		-0.91	-2.09
Air Canada	1968	-1.63	0.69
	1974	-1.20	-4.61
	1981	-0.98	-4.10
CP Air	1968	-1.29	7.86
	1974	-0.20	0.45
	1981	0.47	1.55
PWA	1968	-2.71	-0.42
	1974	-0.53	-0.08
	1981	0.24	3.39
Nordair	1968	-3.83	-4.73
	1974	-1.48	-3.49
	1981	-0.44	0.19
Quebecair	1968	-2.82	-2.34
	1974	-1.23	-2.95
	1981	-0.49	-0.58
EPA	1968	-3.12	-2.92
	1974	-1.18	-5.35
	1981	-0.48	-0.15

1.4.3 Économies d'échelle et de champ d'activités propres à chacun des produits

Le concept d'économies d'échelle globales, tel qu'il a été établi par Fuss et Waverman, ne permet pas de déterminer quelle est la part des économies attribuable à chaque produit. Pourtant, les organismes de réglementation devraient toujours être en mesure de déterminer si la concurrence par rapport à certains services devrait être stimulée ou non. Ce point peut être éclairci en tentant d'évaluer les économies d'échelle et de champ d'activités réalisées par les divers services aériens offerts par les compagnies. Baumol et coll. (1982) ont élaboré une technique pour ce faire. Ils considèrent le coût additionnel de production d'un nouveau produit lorsque tous les autres produits sont déjà réalisés. Selon eux, les économies d'échelle attribuables à un produit donné sont équivalentes au rapport du coût additionnel de ce produit "i" et de son coût marginal:

$$E_i = \frac{IC_i}{Y_i / CMa_i}$$

Si le prix du service est égal à son coût marginal et s'il y a économies d'échelle, c'est-à-dire si E_i est supérieur à 1, les recettes tirées de la vente de ce service seront inférieures au coût additionnel moyen de production de celui-ci. Donc, si les prix sont fixés au coût marginal et que celui-ci est inférieur au coût additionnel moyen, les recettes seront inférieures au coût additionnel moyen et E_i sera supérieur à 1. Si l'on ne réalise aucune économie en produisant le nouveau produit i, E_i sera inférieur à 1; de même, si l'augmentation du coût additionnel moyen est exactement compensé par le prix, E_i sera égal à 1.

Ce type d'analyse ne présenterait aucune difficulté si le processus de production était limité à un seul (ou deux) produit(s). Dans l'industrie canadienne, la compagnie Wardair répond presque à cette exigence puisqu'elle offre uniquement des services d'affrètement. Bien que les services de cette compagnie aérienne proviennent d'une unité de production indépendante, cela n'est pas suffisant en soi pour évaluer le coût additionnel de ces services. Il faudrait aussi qu'un autre service soit offert, qui porterait sur des distances comparables et requerrait le même genre de matériel. Ceci est bien sûr impossible à observer dans les services d'affrètement offerts par les transporteurs de niveau 1. **On en est donc réduit à EXTRAPOLER, à partir de la fonction de coût, les valeurs des coûts additionnels, ce qui nécessite une PRUDENCE EXTRÊME dans l'interprétation des résultats (voir l'annexe 1).**

À partir de ces estimations des économies d'échelle propres à chaque produit, il est possible d'évaluer très approximativement les économies d'échelle qui pourraient être réalisées dans le cas de production multiple. On utilise pour cela les E_i (définis plus haut) et les économies d'échelle propres à chaque produit (définies ci-après) pour obtenir une mesure des économies d'échelle totales, telle que définie par Baumol et coll. (1982), en tenant compte de toutes les caractéristiques de la production multiple. Les économies d'échelle totales sont la somme pondérée des économies d'échelle propres à chaque produit, soit:

$$E = \frac{a_1 E_1 + a_2 E_2 + a_3 E_3}{1 - CA_m}$$

où $$a_i = \frac{Y_i C_i}{\sum_i Y_i C_i}$$

C_i étant la dérivée partielle de C pour le produit i $(\delta C/\delta Y_i)$.

On observe des économies d'échelle lorsque la valeur E est supérieure à 1, E étant la somme pondérée des valeurs E_i. Le dénominateur prend en considération les économies de champ d'activités. Si les processus de production utilisés pour les trois produits sont totalement indépendants les uns des autres, la somme des coûts distincts sera égale aux coûts de production cumulés. Le dénominateur serait alors égal à 1 et n'aurait aucun effet sur les économies d'échelle propres à chaque produit. On voit que, dans l'ensemble, la définition des économies d'échelle propres aux divers produits permet de vérifier si l'échelle de production de chaque service permet à la compagnie de réaliser des économies et permet aussi de calculer les économies d'échelle totales.

La mesure des économies d'échelle totales est équivalente à la mesure locale des économies d'échelle totales (voir l'annexe 2). Il est important de noter que, si les deux calculs produisent le même résultat, la mesure des économies d'échelle totales permet de déterminer si l'échelle de production de chaque produit en particulier et/ou les économies de champ d'activités sont responsables du résultat obtenu concernant l'effet de l'échelle sur l'ensemble de la production.

On a déjà utilisé le concept de complémentarité de coût dans la section portant sur la mesure réelle des économies de champ d'activités. Toutefois, l'existence de cette complémentarité ne permet en rien de

déduire l'ampleur des économies de champ d'activités liées à chaque produit. Baumol et coll. (1982) ont démontré qu'il est possible de mesurer ces économies. Pour expliquer ce concept, désigné par CA_i, on prend au départ deux produits. C^1 représente le coût de production associé au produit 1 et C^2 le coût associé au produit 2. On mesure les économies de champ d'activités attribuables au produit 1 par la formule suivante:

$$CA_1 = \frac{C^1 + C^2 - C}{C}$$

Si $C^1 + C^2 = C$, le coût de la production conjointe ou séparée des deux produits sera le même. Par contre, s'il revient moins cher de combiner la production, C sera inférieur à $C^1 + C^2$ et CA_1 sera supérieur à zéro. Si l'on applique ce raisonnement à m produits, il devient possible de calculer la part des économies de champ d'activités attribuable à chaque produit, l'un après l'autre. L'équation devient la suivante:

$$CA_1 = \frac{C^1 + C^{m-1} - C}{C}$$

Si CA_1 est supérieur à zéro, cela signifie que le produit 1 permet de réaliser des économies de champ d'activités et ne devrait pas être produit séparément. CA_i mesure donc l'augmentation (la diminution) proportionnelle des coûts obtenue en séparant le produit i du processus de production des autres services m-i.

Le modèle de la fonction de coût total a montré, pour chacun des trois produits, qu'il était impossible d'attribuer quelque économie que ce soit à l'un ou l'autre des services aériens étudiés (tableau 12).

Tableau 12

Résultats empiriques sur les économies d'échelle[1] dans l'industrie canadienne du transport aérien

Mesure des économies d'échelle	Estimations obtenues à partir de la	
	fonction de coût total	fonction de coût variable
Attribuables aux services réguliers de transport de passagers (E_1)	0.75*	0.76*
Attribuables aux services réguliers de transport de marchandises (E_2)	-1.44*	1.32*
Attribuables aux services d'affrètement (E_3)	0.51*	0.88*
Économies d'échelle totales	1.06*	1.12*

[1] Toutes les valeurs présentées sont des mesures locales, c'est-à-dire qu'elles ont été évaluées au point de transformation moyen pour toutes les variables. Lorsqu'une valeur est suivie d'un astérisque cela signifie que cette valeur est statistiquement significative.

Néanmoins, la mesure des économies d'échelle totales montre clairement que l'on ne peut rejeter l'hypothèse de rendements d'échelle constant dans l'industrie canadienne du transport aérien. Ceci démontre bien que, au Canada, ce n'est pas tant l'échelle de production qui fait varier le niveau des coûts assumés par les compagnies mais bien le champ d'activités de leurs opérations. À l'aide de la fonction de coût total, on peut voir que, au point d'approximation, le fait de séparer la production des services réguliers de transport de marchandises et des services d'affrètement de la production des services réguliers de transport de passagers entraînerait une augmentation des coûts pour les compagnies (voir le tableau 13). Les résultats relatifs à la complémentarité des coûts révèlent l'existence d'une telle relation entre les services réguliers de transport de marchandises et les services d'affrètement.

Tableau 13

Résultats empiriques sur les économies de champ d'activites
propres aux divers produits dans l'industrie canadienne du transport aérien

Économies de champ d'activites	Estimations obtenues à partir de la	
	fonction de coût total	fonction de coût variable
Spécifiques aux services réguliers de transport de passagers	.01	.29
Specifiques aux services réguliers de transport de marchandises	.35	.19
Spécifiques aux services d'affrètement	.59	.52

1.5 Changement technologique

La définition du changement technologique pose un sérieux problème lorsque les fonctions de coût sont évaluées à partir de données en séries temporelles. Il peut arriver que la fonction de coût varie pour un ensemble de prix de facteurs donné, et que les produits et le changement technologique soient à l'origine de cette baisse des coûts. Il faut donc rechercher un indicateur de ces modifications de la fonction de coût. Les services aériens offerts entre 1968 et 1981 ont connu, au cours de cette période, divers changements technologiques. Par exemple, on a assisté progressivement à l'arrivée des avions à réaction dans chacune des flottes. Mais d'autres percées technologiques ont également permis d'offrir les mêmes services à coûts moindres. Étant donné que la période étudiée couvre un nombre suffisamment important d'années, il est essentiel de chercher à mesurer les répercussions des changements technologiques sur le mode d'exploitation des compagnies aériennes.

La première méthode permettant d'évaluer ces changements consiste à ajouter une variable de tendance temporelle à la définition du modèle de coût. Cette méthode suppose que les changements technologiques surviennent de façon constante dans le temps, indépendamment des processus de production. L'écoulement du temps est probablement l'indicateur de changement technologique le plus courant dans les études économétriques. Cette méthode, qui a l'avantage de ne comporter que des calculs simples, reflète toutefois un manque de compréhension du processus de changement technologique. Une autre version de cette méthode consiste à ajouter une variable exogène à un moment précis dans le temps, lorsque survient un certain progrès technologique. Mais cette méthode repose sur l'hypothèse que les effets du changement sont limités à une année, ce qui est évidemment discutable. Par conséquent, cette méthode n'a pas été employée ici. Une autre façon de mesurer le changement technologique dans le temps consiste à considérer que l'évolution technologique est interne à l'industrie et peut avoir un effet multiplicateur sur les facteurs et les produits. (Cette méthode est appelée ici méthode "multiplicative" et est désignée par "T multiplicatif" dans les tableaux). Avec cette méthode, le temps est considéré en tant que variable permettant l'expansion de la frontière de production. La définition de la méthode prévoit également l'existence de changements sans effets sur les facteurs et de changements biaisés.

Le meilleur moyen de vérifier les effets d'un changement technologique sur l'exploitation d'une compagnie aérienne consiste à évaluer la fonction de coût avec les variables servant à mesurer les répercussions des progrès technologiques et à effectuer des tests

statistiques pour déterminer les fonctions à retenir, c'est-à-dire la méthode à variable de tendance temporelle ou la méthode multiplicative. Soulignons que la méthode à variable de tendance temporelle est un type de méthode multiplicative, cette dernière prévoyant des changements technologiques désincorporés et incorporés.

La détermination des effets des changements technologiques sur l'ensemble des facteurs semble varier quelque peu selon que le modèle translogarithmique considère le coût total ou le coût variable. Avec le modèle utilisant la fonction de coût variable, les changements sont sans effets sur tous les facteurs globaux (aucun des paramètres associés aux variables *(lnPilnT)* n'ayant de valeur statistique). Par contre, avec le modèle à coût total, les progrès technologiques permettent de réaliser des économies de capital mais sont sans effets sur la main-d'oeuvre, le carburant et le matériel. Dans un modèle à fonction de coût, le taux de changement technologique se mesure par une baisse proportionnelle de la fonction de coût avec le temps. Dans l'industrie canadienne du transport aérien, les progrès technologiques réalisés entre 1968 et 1981 semblent avoir fait baisser les coûts d'exploitation des transporteurs. Les évaluations du coût total semblent indiquer une baisse croissante des coûts au cours de la période visée (selon les paramètres des variables *(lnT)* et *(lnT^2))*.

I.6 Comparaison

D'autres chercheurs ont tenté de définir précisément le rapport entre les coûts et les produits dans l'industrie du transport aérien au Canada. Très souvent, le modèle de la fonction de coût n'a pas été établi de la même façon; il est important d'analyser ces différences afin de déterminer leurs effets sur la mesure des caractéristiques structurelles de cette industrie. Dans cette section, nous allons comparer la présente étude à d'autres recherches en étudiant les données et méthodologies utilisées ainsi que les résultats obtenus.

Les travaux de Gillen et Oum (1984) se rapprochent de la présente étude dans la mesure où l'analyse de la structure de coût a également été effectuée à partir de l'estimation des fonctions de coût. En fait, les deux recherches sont théoriquement reliées et, en dépit de différences dans la méthodologie et la mesure des variables, la démonstration empirique est comparable. Par conséquent, en établissant clairement les particularités de l'une et l'autre de ces études, on pourra comprendre le mode de variation des estimations en fonction du choix de l'échantillon et de la mesure des variables, et évaluer la fiabilité des résultats empiriques.

Dans leur analyse, Gillen et Oum ont couvert la période 1964 à 1981 pour la plupart des compagnies aériennes soumises à leur recherche.[11] La présente étude portait sur les mêmes compagnies, à l'exception de Transair, mais se limitait aux années 1968 à 1981.

Les deux recherches ont été effectuées en regroupant les services offerts dans trois catégories de produits, mesurées en passagers-kilomètres payantes pour les services réguliers, en tonnes-kilomètres payantes pour les services réguliers de transport de marchandises et en tonnes-kilomètres payantes pour les services d'affrètement. Cependant, Gillen et Oum ont jugé nécessaire de parfaire la mesure des produits en utilisant l'approche hédonique. Cette méthode permet de prendre en considération l'hétérogénéité des services offerts par les compagnies aériennes en associant à chacune des trois catégories de services des attributs propres à chaque produit. Gillen et Oum ont choisi de considérer ces attributs comme exogènes aux transporteurs, ce qui sous-tend que les transporteurs ont peu de contrôle sur les éléments composant leurs produits. Certains attributs (caractéristiques) intégrés à la fonction hédonique (coefficient d'utilisation, nombre moyen de sièges par avion, moyenne pondérée de tonnes de fret disponibles par avion) sont dans une certaine mesure endogènes aux transporteurs. En conséquence, la fonction de coût donne une description ambig"ue de la technologie, les coefficients hédoniques reflétant soit les effets de coûts, soit les effets de demande. On peut donc douter de la fiabilité des données considérées par Gillen et Oum pour le choix des variables utilisées.

Il est également intéressant de comparer les mesures des facteurs de production servant à évaluer les deux fonctions de coût à produits multiples. Gillen et Oum ont défini leur fonction de coût à partir de trois facteurs, contre quatre dans la présente étude. Bien que l'on retrouve dans les deux cas le carburant et la main-d'oeuvre, ces deux facteurs n'ont pas été évalués de la même manière. Pour le premier, Gillen

et Oum ont divisé les coûts de carburant par un indice de quantité de carburant (tandis qu'on a utilisé le coût par BTU dans la présente étude); pour le deuxième, ils ont choisi un indice multilatéral et non un salaire moyen comme cela a été le cas ici. Le troisième facteur regroupe le capital et le matériel, deux éléments qui ont été définis séparément par les auteurs de cette étude-ci. L'unité de mesure du prix du capital n'était pas non plus la même. Au lieu du coût de financement du capital requis, Gillen et Oum ont utilisé le prix du service de la dette pour huit classes de biens.

Les deux études ont adopté une forme fonctionnelle flexible pour la fonction de coût à produits multiples. Pour leur démonstration empirique, Gillen et Oum ont normalisé toutes les variables à l'unité, pour CP Air en 1980, tandis que dans cette étude ci les variables utilisées ont été normalisées aux moyennes de l'échantillon. Ils ont ajouté deux autres variables à la définition de leur modèle de coût, à savoir le nombre d'aéroports desservis et la longueur moyenne des étapes, afin de tenir compte des différences entre les opérations des compagnies aériennes. L'introduction de la variable associée à la longueur des étapes est discutable puisque c'est une des variables hédoniques introduites pour les trois grandes catégories de produits. Le nombre d'aéroports desservis est une variable visant à intégrer la taille du réseau des différentes compagnies aériennes. Selon Gillen et Oum, cette variable permet de distinguer les économies de densité des économies d'échelle. Les premières reflètent une variation des coûts produite par une modification des produits sans changement de la taille du réseau, tandis que les deuxièmes mesurent une variation des coûts produite par une modification simultanée

des produits et de la taille du réseau. Il va sans dire que le nombre d'aéroports desservis constitue une mesure approximative de la taille des réseaux.

En dépit de toutes les différences observées, les résultats obtenus par les deux études présentent certaines similitudes. La mesure des économies d'échelle présentée ici équivaut à la mesure des économies de densité effectuée par Gillen et Oum. On aboutit dans les deux cas à des rendements d'échelle constants dans l'industrie canadienne du transport aérien et à des complémentarités de coût entre les services réguliers de transport de marchandises et les services d'affrètement. Ces résultats suggèrent que l'estimation des économies d'échelle n'est pas différente quand l'échantillon varie, par exemple par l'omission d'une compagnie ou l'omission de certaines années pour plusieurs compagnies. Ces conclusions découlent dans un cas de l'observation au point moyen et dans l'autre au point équivalent à CP Air en 1980. Les économies d'échelle annuelles obtenues avec les deux études ont des caractéristiques globales comparables. Les résultats semblent indiquer dans les deux cas que la technologie utilisée pour produire les services de transport aérien est mieux décrite par un processus de production non homothétique. Ce dernier point remet quelque peu en question l'idée selon laquelle la méthode hédonique permet d'utiliser des données informelles sur le comportement des coûts de plusieurs produits afin d'établir des restrictions plus appropriées à l'industrie du transport aérien. En ce qui concerne le changement technologique, les évaluations n'ont produit aucun résultat concluant.

Si l'on compare l'évaluation des paramètres dans les deux études, on constate une certaine instabilité dans les termes d'interaction du second degré reliés à la production, aux produits-facteurs et aux produits-technologie. Les paramètres associés à ces variables fluctuent d'une étude à l'autre, changent parfois de signe et sont généralement non-significatifs. Ils jouent un rôle important dans le calcul des diverses "économies". Dans les travaux de Gillen et Oum, 24 des 47 paramètres étaient non-significatifs, contre 8 sur 43 dans la présente étude. Parmi les 36 variables communes aux deux recherches (eu égard aux unités de mesure différentes adoptées dans chaque étude) 16 avaient des paramètres de signe différent dans l'un et l'autre cas, et huit d'entre elles étaient statistiquement non-significatives dans les travaux de Gillen et Oum. Malgré ces différences, la démonstration des économies d'échelle par des deux études reste étonnamment fiable. On peut donc en conclure que le fait de ne pas considérer les produits spécifiques en fonction d'une mesure globale des produits physiques et de leurs caractéristiques ne constitue pas une grave erreur de spécification.

Tableau 14

Comparaison des travaux de Gillen et Oum et de l'étude de Cofsky et Roy

	Gillen & Oum[1] (équation 3 - modèle (b))	Cofsky et Roy (3 produits-modèle de coût total)
Période d'étude	1964-1981*	1968-1981
Compagnis aériennes	Air Canada, CP Air, Pacific Western Airlines Transair, Nordair, Quebecair, Eastern Provincial Airways	Transair exclue
Unités de mesure des produits	3 produits: passagers-kilomètres payants sur les vols réguliers, tonnes-kilomètres payantes sur les vols réguliers et tonnes-kilomètres payantes sur les vols non réguliers variables hédoniques pour les produits	Mêmes trois produits, mêmes unités de mesure sans adjustement hédonique
Facteurs de production	3 facteurs: F, L, K-M	4 facteurs: F, L, K, M
Unités de mesure des facteurs	F: coûts de carburant/indice de quantité de carburant K-M: pour 8 classes, prix du service des biens (Christensen et Jorgenson); coûts du matériel (résidu); regroupement de K et M	F: coût par BTU L: salaire moyen K: coût du financement M: indice de coût du matériel
Normalisation des données	Autour de CP 1980	Autour de la moyenne des données
Spécification	Prise en compte du nombre d'aéroports desservis et de la longueur moyenne des étapes	
Nombre de paramètres estimés	47 paramètres	43 paramètres
Nombre de paramètres statistiquement non-significatifs	24 paramètres	8 paramètres
	35 paramètres communs aux deux définitions; 16 d'entre eux avaient un signe différent dans les deux définitions et 8 de ces 16 paramètres etaient statistiquement non-significatifs dans l'étude de Gillen et Oum	

*À l'exclusion de Transair (1964-1979) et de Nordair (1971-1981)

Tableau 14 (Cont'd)

Comparaison des travaux de Gillen et Oum et de l'étude de Cofsky et Roy

	Gillen & Oum1 (équation 3 - modèle (b))	Cofsky et Roy (3 produits-modèle de coût total)
Économies d'échelle	1,14 (appelées économies de densité)	1,06
Complémentarités de coûts	Entre les services réguliers de transport de marchandises et les services d'affrètement	Entre les services réguliers de transport de marchandises et les services d'affrètement
Changement technologique	Économisant la main-d'oeuvre utilisant le capital neutre pour le carburant Modèle non homothétique général accepté	Économisant le capital Neutre pour le carburant, la main-d'oeuvre et le matériel modèle non homothétique général accepté

*À l'exclusion de Transair (1964-1979) et de Nordair (1971-1981)

NOTES

1 On dit qu'un processus de production est homothétique quand les proportions de facteurs sont indépendantes de l'échelle. Une structure de production homothétique peut être limitée davantage pour devenir homogène, auquel cas l'élasticité du coût par rapport à la production devient constante.

2 On observe un changement technologique neutre (selon Hicks) lorsque les modifications techniques accroissent le rendement de tous les facteurs de production.

3 Voir Économies d'échelle pour une analyse des documents publiés à ce sujet.

4 Pour arriver à établir sans difficulté un système de fonctions de demande de facteurs à partir de la fonction de production, il faut supposer à priori des rendements d'échelle constants.

5 Le modèle de coût translogarithmique a été évalué en tant que modèle de régresions à plusieurs variables d'un système composé de la fonction de coût et des *(n-1)* équations de parts des facteurs, à l'aide de la méthode d'estimation itérative de Zellner.

6 Cette homogénéité suppose que certains paramètres de la fonction de coût obéissent à des contraintes précises, à savoir:

$$\sum_i \alpha_i = 1$$

$$\sum_i \gamma_{mi} = 0$$

$$\sum_i \gamma_{ij} = \sum_j \gamma_{ij} = \sum_i \sum_j \gamma_{ij} = 0$$

Ces restrictions ont été imposées pour l'évaluation de la fonction. De plus:

$$\gamma_{ji} = \gamma_{ij} \qquad \gamma_{mi} = \gamma_{im} \qquad \gamma_{mn} = \gamma_{nm}$$

Si l'on suppose que les producteurs considèrent le prix des facteurs comme donné, on peut obtenir les fonctions de demande des facteurs à partir de la fonction de coût translogarithmique. Il suffit de dériver la fonction de coût par rapport aux prix des facteurs:

$$D_i(Y, P, T) = \frac{\delta \ln C}{\delta \ln P_i} = \alpha_i + \sum_m \gamma_{mi} \ln Y_m + \tfrac{1}{2} \sum_j \gamma_{ij} \ln P_j + \theta_{ti} \ln T$$

où D_i est l'équation de la demande du facteur i. Ce résultat appelé lemme de Shephard, permet de dériver les demandes de facteurs de la fonction de coût évaluée.

7 Les facteurs de production regroupés sous le terme "matériel" renferment diverses gammes de produits et services. Les coûts d'achat de ces facteurs ont été évalués en dollars constants de 1971 puis convertis en nombre indice.

8 On assigne aux compagnies aériennes une fonction de coût comportant un grand nombre de paramètres, c'est-à-dire la fonction translogarithmique, en espérant que cette fonction n'imposerait pas de restrictions de comportement étrangères limitant la généralité d'une inférence. La fonction translogarithmique est une forme fonctionnelle flexible du second degré ayant suffisamment de paramètres pour permettre de calculer une matrice d'élasticité de substitution, cette dernière pouvant prendre n'importe quelle valeur à quelque point de l'espace des données que ce soit. Dans la présente étude, on a considéré que la matrice d'élasticité pouvait être évaluée de manière homogène à la moyenne des données, sans tenir compte de la réalité. Dans un article paru récemment (1984), Gallant et Golub affirment que l'on ne peut choisir arbitrairement un point dans l'espace des données comme cela a été fait ici. Ils soutiennent qu'une forme flexible de Sobolev permet d'évaluer uniformément les élasticités, ne rejette pas de valeur à tort et comporte un biais de prévision négligeable. La forme translogarithmique ne présente pas les caractéristiques d'une forme flexible de Sobolev, la seule qui satisfait ces exigences étant la forme souple de Fourier. Les élasticités de substitution (aux prix et produits courants) évaluées au point des données moyennes, à l'aide d'une définition nonhomothétique et non-neutre du changement technologique, sont présentées en dépit du fait que la restriction de concavité n'ait pas été respectée par la fonction de coût évaluée.

9 Les six compagnies aériennes sont Air Canada, CP Air, Pacific Western Airlines, Nordair, Quebecair et Eastern Provincial Airways.

10 Voir l'annexe 3.

11 Les données de cette période ont été analysées pour Air Canada, CP Air, Pacific Western Airlines, Quebecair et Eastern Provincial Airways; pour Transair, la période étudiée se situait entre 1964 et 1979, et entre 1971 et 1981 pour Nordair.

DEUXIÈME PARTIE

OBSERVATIONS TIRÉES DES RÉSULTATS EMPIRIQUES EN VUE DE L'ÉLABORATION DE POLITIQUES

II.1 Introduction

Le mouvement de dérèglementation qui a touché les compagnies aériennes américaines a forcé les autorités canadiennes à envisager la possibilité d'adopter une politique comparable.[1] L'évaluation de la réglementation n'est pas une mince tâche et nécessite la détermination de critères et la définition d'une méthode d'analyse. Il est important de considérer si les données empiriques recueillies jusqu'ici permettront aux autorités d'élaborer une politique et/ou de favoriser la concurrence au sein de cette industrie. Pour cela, il faut déterminer si la méthode employée (fonctions de coût) et les résultats empiriques qui en sont dérivés tiennent compte de tous les éléments de la structure et du rendement de l'industrie qui intéressent les autorités. Des améliorations ont été apportées récemment à la théorie de la structure de l'industrie, lesquelles permettront d'examiner de façon plus systématique ce que l'analyse suggère quant au rôle du gouvernement dans le comportement du marché. Ce n'est qu'après cette étape que l'on pourra présenter brièvement les implications politiques des données obtenues.

II.2 Éléments déterminant la structure d'un marché

Après avoir constaté l'hypothèse que des rendements d'échelle constants ne peut être écartée dans le cas de l'industrie canadienne du transport aérien, on pourrait en conclure qu'il est impossible de justifier la réglementation de l'industrie par les arguments du monopole naturel. Il s'ensuit également que la taille n'apparaît pas comme un facteur déterminant dans les économies de coût. Peut-on en déduire que les consommateurs de services aériens pourraient bénéficier d'un marché plus concurrentiel et/ou que les compagnies aériennes canadiennes ne peuvent réduire leurs coûts, placées dans une situation de monopole?

Le rendement d'une structure de marché dépend, entre autre, des éléments clés suivants:

- nombre et répartition (en fonction de la taille et de la situation géographique) des acheteurs et vendeurs;
- caractéristiques de la demande;
- nature de la structure des prix;
- stratégies de mise en marché adoptées;
- facilité d'entrée dans l'industrie.

Finalement, c'est au niveau du rendement de chaque structure de marché que s'effectuent les véritables tests. Le rendement d'un marché est déterminé, entre autres, par les facteurs suivants:

- comportement des prix
- rapport capacité-produit

- innovation
- niveaux de bénéfices
- niveau des dépenses

Le facteur le plus important à évaluer est la capacité ou l'incapacité du transporteur à contrôler les conséquences de ses décisions.

Même si l'on peut apprendre beaucoup sur la structure et le rendement réels et potentiels de l'industrie à partir d'informations sur la nature des techniques de production mises à la disposition des différentes entreprises, il est également nécessaire d'étudier les données sur la demande des produits offerts par l'industrie si l'on veut élaborer des politiques visant à améliorer le rendement du marché. Il est donc important d'analyser la demande à laquelle doivent faire face les compagnies aériennes. La demande est un élément crucial puisqu'elle détermine le niveau de capacité requis. Mais, en raison de certaines de ses caractéristiques, elle peut entraîner à un certain niveau une sous-utilisation de la capacité disponible. Les services aériens ne sont pas des produits pouvant être stockés et la majorité des consommateurs veulent obtenir des services au moment précis où ils en ont besoin. En outre, la demande de sevices aériens varie chaque jour, chaque semaine, chaque mois, chaque saison, chaque année. Par conséquent, les compagnies doivent prévoir une capacité suffisante pour les périodes de pointe, ce qui les force normalement à garder une certaine capacité inutilisée le reste du temps. Ce problème peut être résolu en partie par les grandes compagnies aériennes qui peuvent mettre au point un mode d'exploitation et un réseau qui prévoient différentes caractéristiques de demande sur différentes

périodes et différentes lignes. Ainsi, un grand transporteur disposant de plusieurs types d'appareils dans une flotte peut transférer son matériel de vol d'une ligne à une autre dans le but de réduire ses besoins totaux en investissement et donc ses coûts d'investissement. Les résultats empiriques présentés dans le précédent chapitre montrent que les transporteurs canadiens ont été en mesure de bien répartir leur matériel afin de réduire au minimum leurs excédents de capacité.

Les caractéristiques de la demande sont également importantes du point de vue de leurs répercussions sur les coûts et sur les recettes des compagnies. On a déjà établi que la demande maximale pouvait causer des problèmes de capacité. Il faut maintenant étudier l'élasticité de la demande relativement aux services aériens. On doit considérer deux notions: l'élasticité des prix et l'élasticité des revenus. Dans le cas de l'élasticité des prix, on examine les effets d'une variation de prix (de tarif) sur les dépenses des usagers du transport aérien. Si, après une hausse des tarifs, on observe une augmentation des dépenses des usagers, on dit que la demande est inélastique, alors que l'effet contraire est le produit d'une demande élastique. L'élasticité des revenus est la mesure des effets d'un changement du revenu de l'usager sur les dépenses de celui-ci, pour un prix donné.

Certains usagers, comme les vacanciers et touristes, sont très touchés par les variations de tarif, alors que l'on considère que la catégorie des gens d'affaires l'est généralement moins. Simultanément, la demande de services aériens est généralement très élastique vis-à-vis des variations de revenu. En conséquence, les recettes de l'industrie des

transports aériens varient en fonction du contexte économique. Les services aériens ne sont pas perçus comme des services indispensables. En période de récession, les voyageurs réduisent donc leurs dépenses relativement à ces services.

La dernière caractéristique de la demande concerne le choix, par le voyageur, du transporteur aérien. Cette décision est limitée par le nombre de compagnies desservant l'aéroport le plus proche du domicile du voyageur et par le réseau exploité par chacune de ces compagnies. Une correspondance avec un vol d'une autre compagnie aérienne est acceptable dans la mesure où elle permet la liaison entre le point de départ et le point d'arrivée. Si cette correspondance n'est pas vraiment nécessaire, le voyageur risque de trouver très ennuyeux d'avoir à changer d'avion pour atteindre sa destination. La concurrence sur le marché du transport aérien est fonction de l'aspect concurrentiel des réseaux des compagnies. Dans le Sud du Canada, plusieurs compagnies exploitent les mêmes lignes, et le transport par chemin de fer et autobus concurrence efficacement le transport aérien entre certaines villes (surtout dans le corridor); le Nord du Canada ne bénéficie cependant de presque aucune concurrence sur le plan du transport intramodal et intermodal.

Une fois les investissements en matériel réalisés, les compagnies aériennes peuvent offrir plus de produits à court terme, tout en bénéficiant d'une baisse des coûts unitaires, jusqu'à ce que la capacité physique maximale de la flotte soit atteinte. Cela suppose des coûts décroissants à court terme. Pour un transporteur, le coût unitaire d'augmentation ou de remplacement de la capacité diminue légèrement à

mesure que la taille des investissements augmente. Une grande compagnie aérienne peut obtenir de meilleures conditions financières qu'un petit transporteur. Toutefois, de tels arrangements peuvent ne pas entraîner une baisse des coûts à long terme car les résultats empiriques du chapitre précédent indiquent que, dans le transport aérien, les coûts à long terme ne dépendent pas de la capacité.

Le phénomène des coûts décroissants à court terme dans l'industrie du transport aérien ne constitue pas un argument économique en faveur de la réglementation. Il en va de même des rendements d'échelle constants à long terme. Par conséquent, les consommateurs pourraient être avantagés par un marché concurrentiel, quoiqu'il faille solidement étayer cette proposition avant de tirer quelque conclusion que ce soit.

II.3 Marchés disputables

Les compagnies aériennes ont investi d'importantes sommes d'argent dans les propriétés foncières et le matériel au sol nécessaires à leur exploitation, lesquels constituent des immobilisations à long terme. Les investissements représentent donc une part élevée des coûts totaux, ce qui produit un faible taux de rotation du capital (rapport entre les recettes annuelles et le total des investissements). Autrement dit, la plupart des compagnies canadiennes de transport aérien ont investi en propriétés et matériel plus d'un dollar pour réaliser un dollar de recettes (tableau 15). Cela ne signifie pas pour autant qu'elles ne sont pas rentables. Le matériel de vol constitue une partie importante des investissements des transporteurs. Néanmoins, si la demande de services auprès d'une compagnie diminuait, il serait possible de modifier les services de manière à ce que l'utilisation du matériel produise des recettes nettes. On peut donc dire qu'une bonne partie des investissements des compagnies aériennes ne sont pas des coûts irrécupérables.

Tableau 15

Rapport entre les recettes annuelles et l'investissement total et entre l'amortissement cumulé et les investissements pour l'année 1981

Compagnie aérienne	Investissement/recettes	Amortissement cumulé/investissements
Air Canada	1.13	42%
CP Air	1.17	30%
EPA	0.74	43%
Nordair	0.80	32%
PWA	1.10	18%
Quebecair	1.00	18%

On a toujours pensé que, dans les secteurs réglementés comme l'industrie du transport aérien, la libre concurrence serait exercée de manière acharnée, destructive ou ruineuse et conduirait à la discrimination des prix. La réglementation était donc considérée comme un moyen de protéger le public. Toutefois, cette justification était fondée sur une théorie qui considérait les entreprises comme des unités de fabrication d'un seul produit. Les récents développements de la théorie de l'organisation industrielle ont intégré la notion de concurrence dans le contexte d'entreprises offrant plusieurs produits. La reconnaissance de la multiplicité des produits offerts par les entreprises a conduit à la généralisation du concept des marchés purement concurrentiels, que l'on a appelé les marchés disputables. Si la concurrence et la disputabilité visent le même résultat, à savoir la rentabilité, le marché disputable peut y parvenir sans faire appel à autant d'hypothèses. Si l'on suppose que l'entrée dans un secteur et la sortie sont faciles et n'engendrent pas de coût, la disputabilité définit un marché idéalisé dans lequel les entreprises fonctionnent avec rentabilité et ne reçoivent qu'un taux normal de rendement du capital investi. Dans un marché disputable, les entrepreneurs cherchent à réaliser des bénéfices et la concurrence entre les nouveaux venus et les entreprises en place s'établit sur des termes parfaitement symétriques, c'est-à-dire que les nouveaux venus utilisent les mêmes techniques de production que les entreprises en place.

Ce type de comportement définit un modèle industriel[2] dans lequel la demande du marché, aux prix courants, est égale à l'offre des produits offerts par toutes les entreprises du modèle. Les prix courants permettent aux entreprises productrices de percevoir des recettes supérieures ou

égales aux coûts de production. Dans ce cas, les entreprises intéressées à s'établir dans ce secteur n'ont pas vraiment la possibilité d'entrer et de réaliser des bénéfices en respectant les prix établis par les entreprises en place. De plus, cela signifie que la configuration industrielle qui prévaut a réduit le coût total de production pour l'ensemble du marché et qu'un équilibre a été atteint si les prix de chaque entreprise sont égaux au coût moyen et au coût marginal.

Les résultats empiriques présentés dans la première partie de cette étude ont été obtenus en faisant appel à des concepts intégrant la notion de multiplicité des services offerts par les compagnies aériennes. La technologie de production a été analysée de manière empirique en évaluant les fonctions de coût; il est important maintenant d'étudier ces résultats dans l'optique de la théorie de la disputabilité. Pour cela, il convient de souligner les différences existant entre les concepts de la structure de marché traditionnelle et les concepts sur laquelle se fonde cette nouvelle théorie.

Avant la théorie des marchés disputables la notion d'économies d'échelle servait à déterminer si une seule entreprise pouvait répondre de façon plus économique que plusieurs aux besoins d'une société. Dans un contexte d'économies d'échelle, une telle entreprise était considérée comme un monopole naturel. Dans le cas de plusieurs produits, il faut déterminer s'il revient plus cher à deux entreprises ou plus de produire certaines quantités de produits que cela ne l'est pour une seule entreprise. Si une seule entreprise peut produire à moindre coût la quantité voulue de produits, on dit que les coûts sont sous-additifs. Selon la théorie de la

disputabilité, la sous-additivité des coûts est la caractéristique du monopole naturel. Toutefois, pour être considérée comme un monopole naturel, une entreprise doit présenter des coûts sous-additifs sur la gamme complète de ses produits. On doit donc étudier les données concernant les coûts encourus à tous les niveaux de production. Dans une industrie dont les coûts sont sous-additifs, il est plus avantageux que toute la production soit à la charge d'une seule entreprise. Il apparaît que, dans la théorie des marchés disputables, le concept de sous-additivité joue un rôle essentiel dans la détermination de la structure, du comportement et du rendement d'une industrie.

L'analyse des résultats présentés dans la première partie doit être poursuivie dans l'optique de la sous-additivité, afin de centrer cette étude sur la théorie des marchés disputables. "Malheureusement, à l'intérêt que semble présenter le concept de la sous-additivité s'oppose son manque de précision analytique. Il est souvent impossible de déterminer si une fonction est sous-additive ou non en analysant simplement son expression mathématique ou son graphique. Qui plus est, il ne semble pas exister de critère mathématique simple permetttant de vérifier si une fonction a cette propriété ou non puisque l'on ne peut vérifier l'applicabilité de la définition elle-même."[3]

Pour prouver qu'une fonction de coût est sous-additive à un niveau de production donné, il faut connaître les coûts pour tous les niveaux inférieurs ou intermédiaires possibles de production. Un test statistique de sous-additivité requiert donc énormément de données. Pourtant, il est impossible de déterminer si une industrie est un monopole naturel à un

certain niveau de production si l'on ne détient pas les informations voulues pour affirmer que plusieurs entreprises de taille restreinte ne pourraient pas se charger de cette production à meilleur coût. On ne peut se servir du concept d'économies d'échelle comme test d'un monopole naturel. De tous les concepts de coût mesurés empiriquement dans l'industrie du transport aérien, les économies de champ d'activités sont la condition nécessaire de la sous- additivité. Mais les économies de champ d'activités, tout comme les économies d'échelle, permettent mal de mesurer les économies de coût de production qui seraient réalisées en combinant les produits et en élargissant le processus de production. En fait, la présence de telles économies n'est pas, en soi, suffisante pour vérifier la sous-additivité des coûts. De plus, le concept d'économies de champ d'activités est un indice assez incertain de la complémentarité des coûts. Il faut donc préciser davantage et vérifier les conditions suffisantes de la sous-additivité.

Si, dans le cas de produits multiples, le coût additionnel moyen d'un produit décroît, la division du processus de production entre plusieurs entreprises, tous les autres produits étant constants, entraînera une augmentation du coût total pour l'industrie. Donc, lorsque le coût additionnel moyen d'un bien ou service décroît, on réalise des économies quand une seule compagnie se charge de la totalité de la production dudit bien ou service, toutes données égales par ailleurs. Les produits présentant un coût additionnel moyen décroissant doivent donc être fabriqués par une seule entreprise. De plus, cette entreprise peut entrer en concurrence avec les autres entreprises du marché au niveau des divers biens et services produits par l'industrie.

D'autres présuppositions combinant économies d'échelle et formes de complémentarité de coût peuvent produire des conditions suffisantes de la sous-additivité. La convexité de la fonction de coût joue un rôle clé dans ces conditions, encore que cette propriété soit difficile à vérifier. On peut dire, intuitivement, qu'une analyse précise des conditions suffisantes de la sous-additivité imposant des exigences plus grandes relativement à la complémentarité ne semble pas intéressante en raison de sa complexité et n'éclaircirait pas la question. Il est simplement important de se rappeler qu'il existe des conditions de sous-additivité fondées sur des présuppositions combinant économies d'échelle et formes de complémentarité de coût (convexité).

L'examen de la théorie de la disputabilité a surtout porté sur le concept de la sous-additivité. Pourtant, il y a plus à la disputabilité des marchés qu'une simple évaluation de la sous-additivité des coûts. Cette partie du présent rapport n'avait toutefois pas pour objet d'analyser globalement la théorie des marchés disputables mais simplement de démontrer que, dans le cas de plusieurs produits, la question du monopole naturel doit être abordée du point de vue de la sous-additivité des coûts. On a vu également quel est le contexte théorique à partir duquel sont tirées les considérations présentées dans les pages qui suivent.

II.4 Observations utiles pour l'élaboration de politiques

L'évaluation d'une forme fonctionnelle flexible pour estimer le coût de production de plusieurs produits est conforme aux exigences de l'analyse d'une structure industrielle dans des marchés disputables. On a vu que la sous-additivité des coûts est la caractéristique conduisant à l'équilibre de l'industrie, la production étant concentrée dans une seule entreprise. Les résultats empiriques dérivés de l'estimation des fonctions de coût dans l'industrie du transport aérien semblent indiquer que les coûts des services ne sont pas sous-additifs. Cette conclusion doit néanmoins être émise avec réserve. En fait, il est possible de contourner la difficulté causée par l'absence de données sur les coûts pour les niveaux de production non observés dans l'échantillon pendant la période 1968 à 1981. Les conditions suffisantes de la sous-additivité ne semblent pas avoir été vérifiées par l'étude économétrique des coûts. Il faut ajouter que leur vérification ne satisfait pas totalement le critère défini dans la théorie des marchés disputables (coûts moyens, coût différentiel moyen). On ne peut rejeter, pour l'industrie canadienne du transport aérien, l'hypothèse de rendements d'échelle constants; on n'a pas observé d'économies de champ d'activités étant donné les faibles complémentarités de coût entre les services réguliers de transport des passagers et les services d'affrètement et enfin la convexité n'a pas été prouvée pour toutes les données de l'échantillon (voir l'annexe 3).

Selon la théorie des marchés disputables, le fait que les coûts des services aériens ne soient pas sous-additifs signifie qu'en l'absence de mesures restreignant l'entrée, les compagnies ne pourraient établir les

prix de manière à empêcher l'entrée de nouveaux concurrents. On serait donc tenté de conclure que la concurrence serait souhaitable pour les services aériens. Les concepts de produits multiples ont été définis pour la période actuelle. Cependant, les décisions prises aujourd'hui ont beaucoup de répercussions sur les décisions futures. Les concepts de coûts tels qu'ils ont été définis considèrent comme des produits différents les services offerts à différentes dates. Les produits et facteurs de production situés au même point dans le temps sont mis en corrélation par une relation statistique. En réalité, les quantités de produits et de facteurs à un moment donné sont reliées à leur quantité respective dans une période antérieure. Les relations intertemporelles ne sont pas exogènes mais endogènes. Une analyse de la structure des marchés doit donc tenir compte de la dimension endogène des relations établies entre plusieurs périodes. "Dans le cas intertemporel, ...l'ampleur de la main invisible pourrait être beaucoup plus restreinte qu'on ne pouvait le penser. Il se pourrait qu'il n'existe souvent pas de solution acceptable et que les mécanismes du marché entraînent une affectation intertemporelle des ressources qui est manifestement inappropriée."[4] Dans un contexte intertemporel, les compagnies en place "ne peuvent que se protéger et protéger les intérêts de l'économie en fixant les prix selon les stratégies mêmes que déplorent souvent les économistes."[5]

La vulnérabilité des différentes compagnies aériennes face à la liberté d'entrée dépend de leurs niveaux de bénéfices, de la rentabilité de leur exploitation et de leur attitude à l'égard des progrès permettant de réduire les coûts. C'est donc le comportement d'une compagnie aérienne face à son mode d'exploitation qui la rendra plus ou moins vulnérable à la

liberté d'entrée. La configuration de l'industrie est considérée comme acceptable lorsque les tarifs permettent aux compagnies aériennes en place d'être financièrement rentables et qu'aucune compagnie de l'extérieur ne peut, à de tels tarifs, espérer réaliser des bénéfices suffisants pour compenser les coûts d'entrée. Cependant, les services aériens peuvent être offerts avec différents types de matériel qui ont tous des caractéristiques particulières relativement à leurs coûts. Si l'entrée dans l'industrie du transport aérien était libre, les nouveaux venus auraient la possibilité d'offrir un service différencié, et il est fort probable que c'est la stratégie qu'ils adopteraient. Le raisonnement conduisant à cette affirmation peut être présenté de manière simplifiée comme suit. Si le service offert par le nouveau venu n'est pas différencié, son coût est en principe le même que celui des services offerts par les compagnies en place. Et si les coûts sont comparables, les prix doivent l'être également. Au contraire, offrir un service différencié entraîne des écarts de coûts qui peuvent se traduire par des écarts de prix. On introduit ensuite dans ce raisonnement la notion de demande. Il est important de souligner que la demande de services aériens est une demande dérivée. Par conséquent, l'écart entre les prix des services offerts par les nouveaux venus et ceux offerts par les compagnies en place ne produira pas nécessairement un accroissement de la demande. Le prix n'est qu'un des facteurs intervenant dans la décision de voyager. Donc, étant donné qu'un nouveau venu accroît l'offre de services aériens sans que la demande ne s'accroisse immédiatement, il est probable que cela créerait une situation d'excès de capacité, au moins à court terme. Les compagnies en place jouiraient d'une moins bonne situation financière puisqu'elles perdraient une partie de leur marché au profit des nouveaux venus. La structure de

l'industrie ainsi que la viabilité des compagnies aériennes en place et des nouveaux venus seraient donc incertaines jusqu'à ce qu'un nouvel équilibre soit établi.

Dans l'industrie du transport aérien, où une nouvelle compagnie pourrait offrir un service autre que ceux offerts par les compagnies déjà sur le marché, l'analyse de l'acceptabilité du modèle industriel doit être faite en considérant uniquement l'entrée de compagnies fournissant tous les services. La raison en est qu'une nouvelle compagnie est la seule à pouvoir profiter de la possibilité de ne servir qu'une partie du marché. Le choix de servir la totalité ou seulement une partie du marché est effectué en fonction de la rentabilité relative des deux options. Si le coût additionnel moyen décroît, il est certain que le fait de limiter l'un des produits à un volume inférieur à celui du marché ne profitera jamais au nouveau venu puisque la réduction de la production doit augmenter le coût additionnel moyen sans accroître le prix obtenu pour le produit.

La concurrence entre les nouveaux venus et les compagnies en place répondrait rarement, pour ne pas dire jamais, à l'une des exigences de la théorie des marchés disputables, à savoir la concurrence menée sur des bases parfaitement symétriques. La concurrence dans l'industrie du transport aérien devient asymétrique lorsque, comme on l'a vu précédemment, des compagnies exploitant un marché donné n'utilisent pas le même type de matériel, n'offrent pas leurs services à la même fréquence, ont des horaires différents et/ou n'imposent pas les mêmes conditions à l'achat d'un billet. La liberté d'entrée dans ce secteur produirait donc une situation de concurrence asymétrique et influerait sur le rendement de

l'ensemble de l'industrie. Dans ce contexte, un des avantages des marchés disputables est l'élimination des possibilités de répartition des recettes sur certains produits. Ce dernier concept signifia que les acheteurs de certains produits ne supportent pas les coûts engendrés par la fourniture de ces produits. Étant donné que l'une des hypothèses fondamentales de la théorie de la disputabilité ne serait pas vérifiée, il faut aborder de manière générale la question de la structure tarifaire acceptable pour les compagnies aériennes. Il est nécessaire pour cela d'évaluer si la structure discriminatoire adoptée par les compagnies est justifiable et souhaitable.

La fonction de coût translogarithmique a démontré la complémentarité des coûts entre certains services aériens. Les résultats empiriques ont également montré que, si l'on considère les services à tarif unitaire et les services d'affrètement comme des produits additionnels aux autres services des compagnies aériennes, les recettes tirées de la vente de ces services (à un prix égal au coût marginal) excédent le coût additionnel encouru pour les produire (parce que ces deux services présentent des rendements d'échelle croissants). Ceci indique que les coûts encourus pour produire les services additionnels sont inférieurs au coût moyen d'exploitation sans ces services. La fonction de coût translogarithmique a également montré que les compagnies aériennes ont une structure de production non homothétique[6]. Autrement dit on ne peut séparer les coûts de production des services conjoints. On doit donc répartir les coûts conjoints entre les services en fonction de l'intensité et de l'élasticité relative des différentes demandes, c'est-à-dire d'une manière qui s'apparente à la discrimination des prix. En pratique, la discrimination est peut être le moyen le plus simple de récupérer une

partie des coûts assumés par les compagnies aériennes. Dans ce cas, on inciterait les transporteurs à faire payer à certains clients une partie des coûts communs, en fonction de leurs possibilités de payer et de leur disposition à payer respectives ou de la valeur qu'ils accordent au service.

Il semble que, dans de telles circonstances, la discrimination tarifaire soit justifiable et souhaitable d'un point de vue économique. Bien entendu, les clients avantagés ne devraient pas payer moins que le total des coûts supplémentaires encourus pour les servir parce que, dans ce cas, les autres clients devaient payer plus que les coûts qui seraient encourus pour leur offrir ce service en l'absence de discrimination. La discrimination ne doit pas imposer de charge supplémentaire aux clients contre lesquels se fait la discrimination. Autrement dit, une structure tarifaire discriminatoire est acceptable dans l'industrie du transport aérien, tandis que l'inter- financement ne l'est pas. Ces deux concepts sont ainsi clairement différenciés.

Si une réglementation plus souple des services aériens entraînait un accroissement de la concurrence seulement sur les marchés les plus rémunérateurs, on pourrait craindre que soit instaurée une structure tarifaire permettant l'interfinancement par les marchés monopolistiques des marchés concurrentiels. Grâce au monopole, les transporteurs peuvent maintenir les prix au-dessus des coûts marginaux sur les marchés inélastiques aux prix. Dans l'industrie canadienne du transport aérien, les marchés monopolistiques sont des marchés à faible densité, souvent très dépendants des services, tandis que la concurrence joue sur des marchés à

forte densité dont une bonne partie des activités provient du secteur commercial. Avec de tels tarifs, les marchés à faible densité, fortement dépendants des services aériens, devraient payer plus que leur part des coûts pour que le total des recettes couvre le total des coûts. Si l'on juge que la discrimination est acceptable mais non l'inter-financement, on sera peut-être obligé de limiter la concurrence et de restreindre l'entrée afin de préserver la viabilité des compagnies aériennes déjà sur le marché.

Conclusion

Les compagnies aériennes sont de taille très variable, exploitent des lignes différentes et répondent à divers types de demande; il est donc essentiel d'analyser les caractéristiques économiques de la production des services aériens pour tenter de déterminer, en vue de l'élaboration d'une politique, si ces services devraient être offerts dans des conditions de monopole ou de concurrence. La présente étude a donc porté sur la structure de l'industrie canadienne du transport aérien, soit un des éléments de la trichotomie structure-comportement-rendement. Comme le montre la nouvelle littérature sur l'organisation industrielle, de récentes découvertes ont rendu cette tâche encore plus difficile. Les résultats obtenus indiquent que, pour l'ensemble de l'industrie, les économies d'échelle sont tout au plus limitées. Elles sont principalement attributables aux complémentarités existant entre les divers services. Les complémentarités de coût étant faibles, il semblerait qu'une structure concentrée permette de rentabiliser la production.

En ce qui concerne l'analyse elle-même, d'importantes difficultés ont empêché de déterminer avec précision et certitude le comportement de l'industrie à partir de sa structure, et son rendement à partir de son comportement. L'étude a plutôt tenté de définir les liens entre la structure et le comportement et a clairement montré qu'il fallait effectuer des recherches plus complètes sur les déterminants de la structure actuelle de l'industrie du transport aérien. C'est seulement alors qu'il sera possible de comprendre précisément l'interaction entre les conditions de base, la structure du marché, le comportement et le rendement. En raison

de la forme fonctionnelle utilisée on n'a pu déterminer, pour chaque service, la gamme de produits pour lesquels les coûts additionnels moyens sont décroissants. Si cela avait été possible, on aurait pu établir le nombre d'entreprises nécessaire pour une production efficace de chacun des services aériens. Il est donc important de poursuivre cette analyse empirique afin de déterminer quelle serait la structure de l'industrie qui permettrait de minimiser les coûts. En ce qui concerne les questions de politiques, les résultats obtenus ne sont pas suffisants pour suggérer une reformulation de la politique publique relative aux services de transport aérien au Canada.

NOTES

[1] Ces pressions ont conduit, en mai 1984, à une libéralisation de la réglementation et à l'accroissement de la concurrence dans les marchés du Sud du Canada.

[2] Baumol et coll., p. 170.

[3] Dans la théorie des marchés disputables, une telle configuration est appelée une configuration soutenable de l'industrie.

[4] Baumol et coll., p.405-406.

[5] Baumol et coll., p. 406.

[6] La fonction de coût translogarithmique a permis de vérifier si la fonction de coût correspond ou non à une structure de production homothétique. Lorsque c'est le cas, la fonction de coût peut être écrite sous forme de fonction séparée en termes de prix des produits et des facteurs. Voir la description et les résultats de ce test dans l'annexe 3.

BIBLIOGRAPHIE

Barten, A.P., Maximum Likelihood Estimation of a Complete System of Demand Equations, dans European Econ. rev. 1, automne 1969, p. 7-73.

Baumol, W.J., Panzar, J.C. et R.D. Willig, Contestable Markets and the Theory of Industry Structure, HBJ Inc., 1982.

Brown, R.S., Caves, D.W., et L.R. Christensen, Modelling the Structure of Cost and Production for Multiproduct Firms, dans Southern Economic Journal 46, juillet 1979, p. 256-73.

Caves, D.W., Christensen, L.R. et J.A. Swanson, Productivity Growth, Scale Economies and Capacity Utilisation in U.S. Railroads, 1955-74, dans The American Economic Review 71, décembre 1981, p. 994-1002.

Christensen, L.R. et W. H. Green, Economies of Scale in U.S. Electric Power Generation, dans Journal of Political Economy 84, 1976, p. 655-675.

Fuss,M. et L. Waverman, Multi-Product, Multi-Input Cost Functions for a Regulated Utility: The Case of Telecommunications in Canada, Toronto, University of Toronto Institute for Policy Analysis, 1978.

Fuss,M. et L. Waverman, The Regulation of Telecommunications in Canada, rapport technique nº 7, Ottawa, Conseil économigue du Canada, mars 1981.

Galant, R.A. et G.H. Golub, Imposing curvature on flexible functional forms, dans Journal of Econometrics 26, 1984, p. 295-321.

Gillen, D.W. et T.H. Oum, Cost structures and performance measures of the Canadian airline industry, Commission canadienne des transports, WP 40- 84-20, 1984.

Kmenta, J., Elements of Econometrics, New York, Macmillan Publishing Co. Inc., 1971.

Panzar, J.C. et R.D. Willig, Economies of Scope, Product-Specific Scale Economies and the Multiproduct Competitive Firm, miméographié, 1978.

Roy, Roger, Économies d'échelle dans l'industrie du transport aérien, Commission canadienne des transports, cahier de recherche nº 10-80-06 F.

Roy, Roger et Diane Cofsky, Étude de productivité des compagnies aériennes canadiennes, Commission des transports, 1984.

Sharkey, W.W., The Theory of Natural Monopoly, Cambridge University Press, 1982.

Uzawa, H., Production Functions with Constant Elasticities of Substitution, dans Review of Economics and Statistics 44, octobre 1963, p. 291-299.

ANNEXES

Annexe 1

FONCTION DE COÛT TRANSLOGARITHMIQUE HYBRIDE

La forme fonctionnelle offre une certaine similitude avec la fonction translogarithmique ordinaire. Elle est définie lorsque l'un des produits est zéro. Les tests nécessaires et suffisants des économies de champ d'activités et les tests des économies d'échelle propres aux divers produits requièrent une fonction de coût définie à zéro. La fonction de coût translogarithmique hybride peut s'écrire de la façon suivante:

$$\ln C = a_o + \sum_m a_m \left[\frac{Y_m^{\lambda} - 1}{\lambda} \right] + \tfrac{1}{2} \sum_m \sum_n \gamma_{mn} \left[\frac{Y_m^{\lambda} - 1}{\lambda} \right] \left[\frac{Y_n^{\lambda} - 1}{\lambda} \right] + \sum_i a_i \ln P_i$$

$$+ \tfrac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln P_i \ln P_j + \sum_m \sum_i \gamma_{mi} \left[\frac{Y_m^{\lambda} - 1}{\lambda} \right] \ln P_i$$

Une forme fonctionnelle comparable a été employée par Caves, Christensen et Swanson (1981) et par Fuss et Waverman (1981).

L'existence d'économies d'échelle et de champ d'activités peut être testée à un point donné à l'aide du modèle translogarithmique hybride. Afin de simplifier les formules sur lesquelles reposent les hypothèses, les données sont présentées de façon à ce que $P_i = 1$ et $Y_m = 14$ au point auquel une hypothèse est vérifiée. Le test des économies d'échelle totales est réduit à la formule suivante:

$$E = \frac{1}{\sum_m a_m}$$

Le test local des économies d'échelle globales constantes correspond à un test de l'hypothèse nulle:

$$\sum_m a_m = 0$$

Pour obtenir un test local des économies de champ d'activités propres aux services de transport de marchandises à tarif unitaire, lorsque $P_i = Y_m = 1$, il faut appliquer la formule suivante:

$$C(Y_1, Y_2, Y_3) = C(1,1,1) = exp[a_o]$$

$$C(Y_1, 0, Y_3) = C(1,0,1) = exp\left[a_o - \frac{a_2}{\lambda} + \frac{\gamma_{22}}{2\lambda^2}\right]$$

$$C(0, Y_2, 0) = C(0,1,0) = exp\left[a_o - \frac{1}{\lambda}(a_1 + a_3) + \frac{1}{2\lambda^2}(\gamma_{11} + \gamma_{33} + 2\gamma_{13})\right]$$

Par conséquent

$$CA_2 = \frac{exp\left[a_o - \frac{a_2}{\lambda} + \frac{\gamma_{22}}{2\lambda^2}\right] + exp\left[a_o - \frac{1}{\lambda}(a_1 + a_3) + \frac{1}{2\lambda^2}(\gamma_{11} + \gamma_{33} + 2\gamma_{13})\right] - exp[a_o]}{exp[a_o]}$$

On peut véfifier, de même, l'hypothèse nulle d'absence d'économies d'échelle propres aux services de transport de marchandises à tarif unitaire. Au point $P_i = Y_m = 1$, le côut additionnel de production de Y^2 est:

$$IC_2 = C(1,1,1) - C(1,0,1) = exp[a_o] - exp\left[a_o - \frac{a_2}{\lambda} + \frac{\gamma_{22}}{2\lambda^2}\right]$$

Le degré des rendements d'échelle propres au produit 2 est obtenu de la façon suivante:

$$E_2 = \frac{IC_2}{C} / E_{cy_2} = \frac{exp[a_o] - exp\left[a_o - \frac{a_2}{\lambda} + \frac{\gamma_{22}}{2\lambda^2}\right]}{a_2 \cdot exp[a_o]}$$

La fonction de coût translogarithmique hybride, avec sa transformation Box-Cox des produits, doit être évaluée de façon non linéaire: Pour l'industrie canadienne du transport aérien, l'évaluation de la fonction a été faite par itération sans converger. Les formules apparaissant dans cette annexe sont dérivées de la fonction de coût translogarithmique hybride. En ce qui concerne la fonction translogarithmique, il n'existe aucune règle mathématique obligatoire permettant de formuler les mêmes tests. De toute façon, on a appliqué les formules en sachant que les résultats que l'on obtiendrait ne pourraient être démontrés que par déduction.

Annexe 2

ÉCONOMIES D'ÉCHELLE GLOBALES ET TOTALES

Tel que démontré ci-dessous, la mesure des économies d'échelle totales est équivalente à la mesure locale des économies d'échelle totales.

Étant donné que *EEG* est défini comme suit:

$$EEG = 1 \,/\, \sum_T \left(\frac{\delta C}{\delta Y_T} \frac{Y_T}{C} \right) et\, C_T = \frac{\delta C}{\delta Y_T}$$

et que E est défini comme la somme pondérée des E_t:

$$\begin{aligned} E &= \alpha_n E_n + (1-\alpha_n)\, E_{T-n} \,/\, 1 - CA_T \\ &= \alpha_n E_n + \alpha_{T-n} E_{T-n} \,/\, 1 - CA_T \\ &= \left[\frac{Y_n C_n}{\sum_T Y_T C_T} \cdot \frac{IC_n / Y_n}{C_n} + \frac{Y_{T-n} C_{T-n}}{\sum_T Y_T C_T} \cdot \frac{IC_{T-n} / Y_{T-n}}{C_{T-n}} \right] / \frac{IC_n + IC_{T-n}}{C} \\ &= \left[\frac{IC_n}{\sum_T Y_T C_T} + \frac{IC_{T-n}}{\sum_T Y_T C_T} \right] \frac{C}{IC_n + IC_{T-n}} \\ &= \frac{C}{\sum_T Y_T C_T} = \frac{C}{\sum_T Y_T \, \delta C / \delta Y_T} = \frac{1}{\sum_T \left(\frac{Y_T}{C} \frac{\delta C}{\delta Y_T} \right)} = EEG \end{aligned}$$

Le dénominateur de E étant 1 - CA_T, E tient compte des économies de champ d'activités propres aux divers produits. Puisque mesurer E équivaut à mesurer *EEG*, *EEG* tient également compte des économies de champ d'activités propres aux divers produits. Étant donné que E est également la somme pondérée des économies d'échelle propres aux divers produits, *EEG* tient compte des économies d'échelle propres aux divers produits.

Annexe 3

TESTS DE LA FORME DE LA FONCTION DE COÛT

Les diverses propriétés des coûts des compagnies aériennes, qui ont été mesurés et présentés dans le texte, sont dérivées de la forme générale de la fonction de coût translogarithmique. Cela signifie que la fonction de coût, pour les transporteurs, est non homothétique et non homogène et que les élasticités de substitution ne sont pas unitaires. Ces propriétés sont déterminées par les données. Par ailleurs, ce sont les données qui ont indiqué comment tenir compte des changements technologiques. Il est important de démontrer comment les données déterminent la forme de la fonction employée dans l'analyse.

On dit qu'un processus de production est homothétique quand les proportions des facteurs employés ne varient pas en fonction des niveaux de production. Dans la fonction de coût, cela est indiqué par la formule suivante: $\gamma_{mi}=0$, les paramètres associant les produits aux facteurs sont nuls. Si la fonction de coût est dite homogène, cela signifie qu'elle doit d'abord, par définition, être homothétique et que l'élasticité des coûts entre les produits doit être constante. L'élasticité des coûts entre les produits est constante si $\gamma_{mn}=0$.

On rencontre souvent, dans les documents de recherche, des modèles où l'élasticité de substitution entre les facteurs est égale à un. La fonction Cobb-Douglas, par exemple, impose cette restriction <u>à priori</u>. La

fonction translogarithmique nous permet de vérifier cette hypothèse. Si elle est vérifiée, les termes de second degré entre les prix des facteurs sont égaux à zéro ($\gamma_{ij}=0$).

Pour chacun des modèles (1 produit et 3 produits), on vérifie les cinq séries de restrictions:

(1) homothétie;

(2) homogénéité;

(3) élasticité de substitution unitaire;

(4) élasticité de substitution unitaire et homothétie; et

(5) élasticité de substitution unitaire et homogénéité.

En outre, on évalue ces six modèles avec la tendance multiplicative T, avec la tendance simple T et sans T afin de constater si les changements technologiques ayant eu lieu au cours de cette période sont suffisamment importants pour être incorporés dans la spécification de la fonction de coût.

Par exemple, il faut deux étapes pour vérifier si l'homogénéité est une caractéristique de l'échantillon étudié. On évalue d'abord le modèle général, sans hypothèse particulière, et cette évaluation permet d'obtenir une matrice de covariance des résidus. On évalue ensuite le modèle à restrictions, avec, par exemple, l'hypothèse d'homogénéité, et on obtient une autre matrice de covariance des résidus. C'est le test du quotient de vraisemblance qui permet de choisir le bon modèle, lequel est défini comme suit:

$$T\left(ln\left|\hat{\Omega}_R\right| - ln\left|\hat{\Omega}_u\right|\right) = \chi^2_q$$

où T est le nombre d'observations, $|\hat{\Omega}_R|$ le déterminant de la matrice de covariance des résidus, évalué dans le modèle à restrictions, $|\hat{\Omega}_u|$ cette valeur pour le modèle sans restrictions et q le nombre de restrictions indépendantes. Si X^2_q est plus grand que la valeur critique associée à X^2_q, à un seuil de confiance donné, il faut écarter les restrictions car elles ne s'appliquent pas à l'échantillon étudié.

Après avoir utilisé le test du quotient de vraisemblance avec chacun des modèles à restrictions, on a choisi le modèle général avec tendance multiplicative pour la fonction de coût à un produit et pour la fonction de coût à trois produits.

Le tableau A3.1 présente les résultats des tests du quotient de vraisemblance qui ont permis de choisir le modèle général pour la fonction à un produit et le tableau A3.2 renferme les résultats des mêmes tests pour la fonction à trois produits.

On a constaté qu'au cours de la période 1968-1981, le processus de fourniture des services par les compagnies aériennes canadiennes était non-homothétique et non-homogène, ce qui signifie que lorsqu'un transporteur voulait augmenter son niveau de production (en passagers-milles, par exemple), la proportion relative des différents facteurs de production se modifiait. Le plus bel exemple de ce phénomène est celui du remplacement, sur une ligne donnée, de deux petits avions par un plus gros appareil. Le nombre d'avions est réduit de moitié, mais le nombre d'employés nécessaire pour offrir ce nouveau service change dans une proportion différente. On

Tableau A3.1

Tests du quotient de vraisemblance pour les fonctions de coût à un produit

Hypothèses	Nombre de restrictions	X^2 calculé	X^2 critique (5 %)
Modèles avec tendance multiplicative T pour tenir compte des changements technologiques			
Homothétie	5	26.9	11.1
Homogénéité	6	29.5	12.6
Élasticités de substitution unitaires	10	196.7	18.3
Homothétie et élasticités de substitution unitaires	15	229.3	25.0
Homothétie et élasticités de substitution unitaires	16	228.6	26.3
Modèles sans T			
Homothétie	4	21.5	9.5
Homogénéité	5	21.6	11.1
Élasticités de substitution unitaires	10	221.9	18.3
Homothétie et élasticités de substitution unitaires	14	292.8	23.7
Homothétie et élasticités de substitution unitaires	15	293.3	25.0
Modèles avec tendance simple T pour tenir compte des changements technologiques			
Homothétie	4	20.6	9.5
Homogénéité	5	20.7	11.1
Élasticités de substitution unitaires	10	220.2	18.3
Homothétie et élasticités de substitution unitaires	14	291.0	23.7
Homothétie et élasticités de substitution unitaires	15	293.6	25.0
Tendance simple pour changements technologiques	1	0.05	3.8
Tendance multiplicative pour changements technologiques	7	56.3	14.1
Tendance multiplicative comparée à la tendance simple pour changements technologiques	6	56.3	12.6

Tableau A3.2

Tests du quotient de vraisemblance pour les fonctions de coût à trois produits

Hypothèses	Nombre de restrictions	X^2 calculé	X^2 critique (5 %)
Modèles avec tendance multiplicative T pour tenir compte des changements technologiques			
Homothétie	15	135.2	25.0
Homogénéité	21	242.8	32.7
Élasticités de substitution unitaires	10	208.7	18.3
Homothétie et élasticités de substitution unitaires	25	339.6	37.7
Homogénéité et élasticités de substitution unitaires	31	445.3	43.8
Modèles sans T			
Homothétie	12	135.2	21.0
Homogénéité	18	253.0	28.9
Élasticités de substitution unitaires	10	264.3	18.3
Homothétie et élasticités de substitution unitaires	22	420.9	33.9
Homogénéité et élasticités de substitution unitaires	28	500.0	41.3
Modèles avec tendance simple T pour tenir compte des changements technologiques			
Homothétie	12	135.2	21.0
Homogénéité	18	253.0	28.9
Élasticités de substitution unitaires	10	269.3	18.3
Homothétie et élasticités de substitution unitaires	22	428.4	33.9
Homothétie et élasticités de substitution unitaires	28	501.4	41.3
Tendance simple pour changements technologiques	1	24.2	3.8
Tendance multiplicative pour changements technologiques	9	58.2	16.9
Tendance multiplicative comparée à la tendance simple pour changements technologiques	8	34.1	15.5

obtient alors un rapport capital/main d'oeuvre différent et dans ce cas, le rapport carburant/capital est également modifié. La propriété d'homogénéité suppose que l'élasticité du coût des produits demeure constante pour tous les niveaux de production. Pour que cettre propriété se vérifie, il ne peut y avoir de rapport entre les différents produits. Autrement dit, chaque facteur est spécifique à un produit, ce qui fait qu'aucune complémentarité de coût n'est observée dans la production des divers produits. Puisque ce n'est pas le cas, il est donc évident que les transporteurs canadiens ont avantage à utiliser le même appareil pour les services réguliers et les services d'affrètement.

Cette analyse a tenu compte de certaines conditions que la fonction de coût doit respecter afin de la rendre valable. La présente annexe se termine par quelques remarques sur certaines propriétés des fonctions déterminant le degré de crédibilité pouvant être accordé aux résultats de l'analyse.

Une bonne fonction de production doit être homogène de degré un dans les prix des facteurs, et monotone et convexe dans ces mêmes prix. La première de ces conditions a été respectée car les évaluations ont été effectuées avec des restrictions. On peut confirmer la monotonie en s'assurant que les proportions des facteurs de production évaluées sont positives, ce qui est le cas ici. Pour une fonction convexe, l'hessienne[1] doit être définie négative dans chaque observation. L'échantillon disponible n'a pas permis de vérifier la convexité pour chaque observation.

Annexe 4

COURBES DE COÛT MARGINAL

On peut obtenir les courbes de coût marginal à partir des résultats obtenus par l'évaluation des fonctions de coût translogarithmique. Étant donné qu'elles sont tracées pour chaque produit à partir de l'élasticité de coût des produits, ces courbes peuvent être reliées aux économies d'échelle attribuables à chaque produit. L'élasticité de coût du produit *m* est définie comme suit:

$$\frac{\delta \ln C}{\delta \ln Ym}$$

Le coût marginal du produit m est égal à l'élasticité de coût multipliée par C/Ym, où C est le terme droit de la fonction de coût translogarithmique générale. Si l'on définit le concept d'économies d'échelle (EE) par $1/(\delta lnC/\delta lnY)$, le coût marginal (CMa) peut prendre la forme suivante:

$$CMa = \frac{Coût\ moyen\ (CMo)}{EE}, donc\ EE = \frac{CMo}{CMa}$$

Lorsqu'il y a économies d'échelle, le coût marginal est inférieur au coût moyen et supérieur au coût moyen en présence d'économies d'échelle. Autrement dit, quand l'augmentation du niveau de production permet de réaliser des économies, le coût de la dernière unité produite (le coût marginal) est inférieur du coût moyen de production de cette unité (coût total divisé par le nombre d'unités produites).

La figure A4.1 présente les courbes de coût marginal pour la production totale (Y) pour chaque compagnie aérienne. Ces courbes ont

toutes été obtenues en prenant les prix au point moyen de l'industrie. On voit donc que les coûts marginaux augmentent quand le niveau de production diminue.

Il est important de souligner que l'échelle horizontale du graphique donne la valeur normalisée de l'indice d'extrant, lequel regroupe divers produits. La normalisation est établie selon le point moyen de cet indice pour toutes les compagnies aériennes, de 1968 à 1981. Que l'indice d'extrant soit normalisé ou non, on ne peut parler de coûts unitaires puisque la production n'est pas mesurée en unités mais en taux normalisés de croissance. On pourrait parler du coût marginal d'accroissement de la production de un pour cent, sans savoir pour autant comment répartir cette augmentation entre les divers produits.

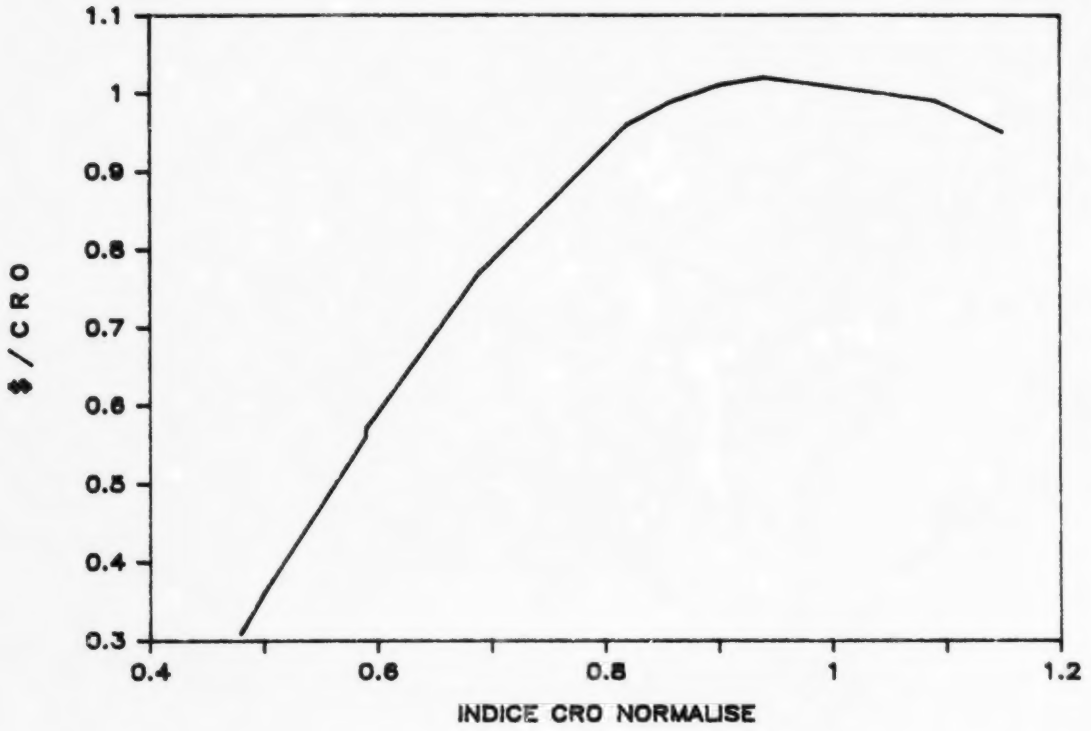
Les premières données sur les produits correspondent à la période au cours de laquelle les compagnies aériennes ont commencé à remplacer les avions à turbopropulseur par des avions à réaction. Nordair, Quebecair et EPA ont rapidement opté pour ce nouveau type d'appareils (voir Étude de productivité des compagnies aériennes canadiennes) tandis qu'Air Canada, CP Air et PWA ont renouvelé graduellement leur flotte. Cet important changement en termes de coûts allait entraîner une modification de la structure de production des services aériens. Grâce à ces avions plus gros, d'une plus grande autonomie de vol, les compagnies aériennes ont pu exploiter des marchés auparavant inaccessibles. À court terme, l'achat de ces appareils a pu faire augmenter le coût marginal des nouveaux produits offerts mais, une fois la période de transition passée, le coût marginal a commencé à décroître, comme le montrent les courbes de la figure 1.

Les figures A4.2 et A4.3 présentent pour chaque transporteur les courbes de coût marginal correspondant aux services réguliers de transport de passagers et aux services d'affrètement. Le coût marginal de chaque produit décroît pour les plus grandes compagnies aériennes. Le transport de passagers est mesuré en passagers-milles et l'affrètement en tonnes-milles. Ces unités de mesure permettent d'évaluer l'importance relative de ces produits pour chaque compagnie, ce que ne permet pas l'indice Divisia de l'extrant normalisé. On voit par exemple qu'Air Canada procure la grande majorité des services de transport de passagers dans l'industrie canadienne.[2]

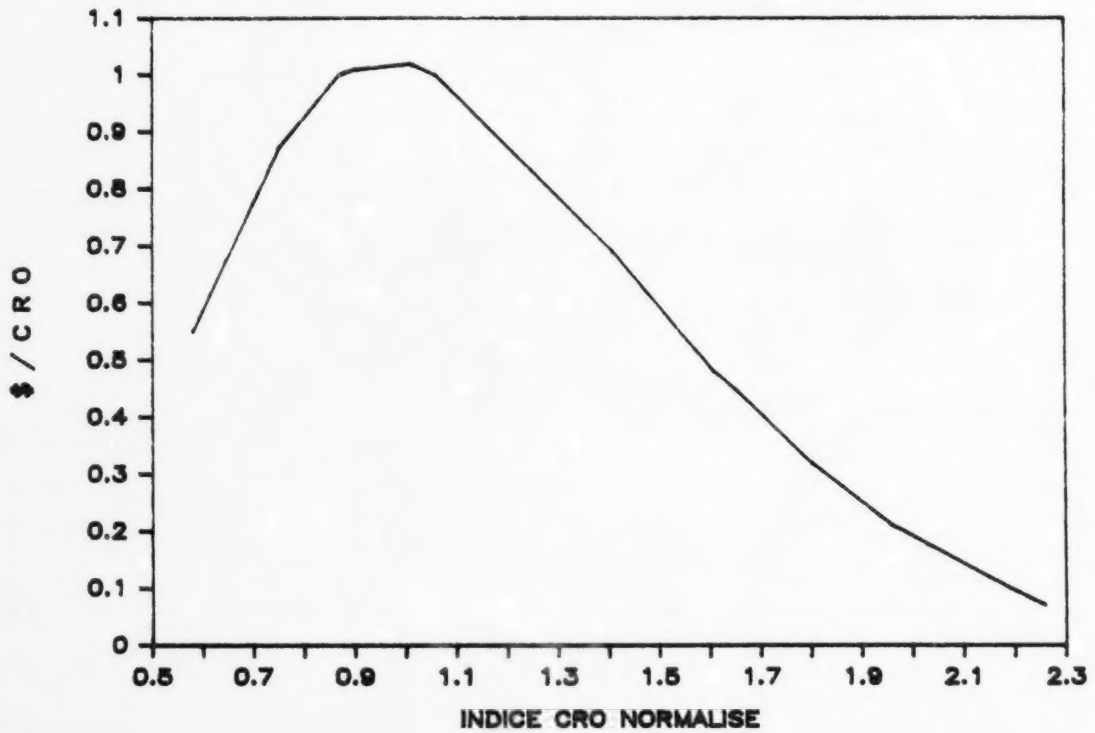
FIGURE A.4.1

C O Û T M A R G I N A L D E L A P R O D U C T I O N
T O T A L E P A R C O M P A G N I E A É R I E N N E

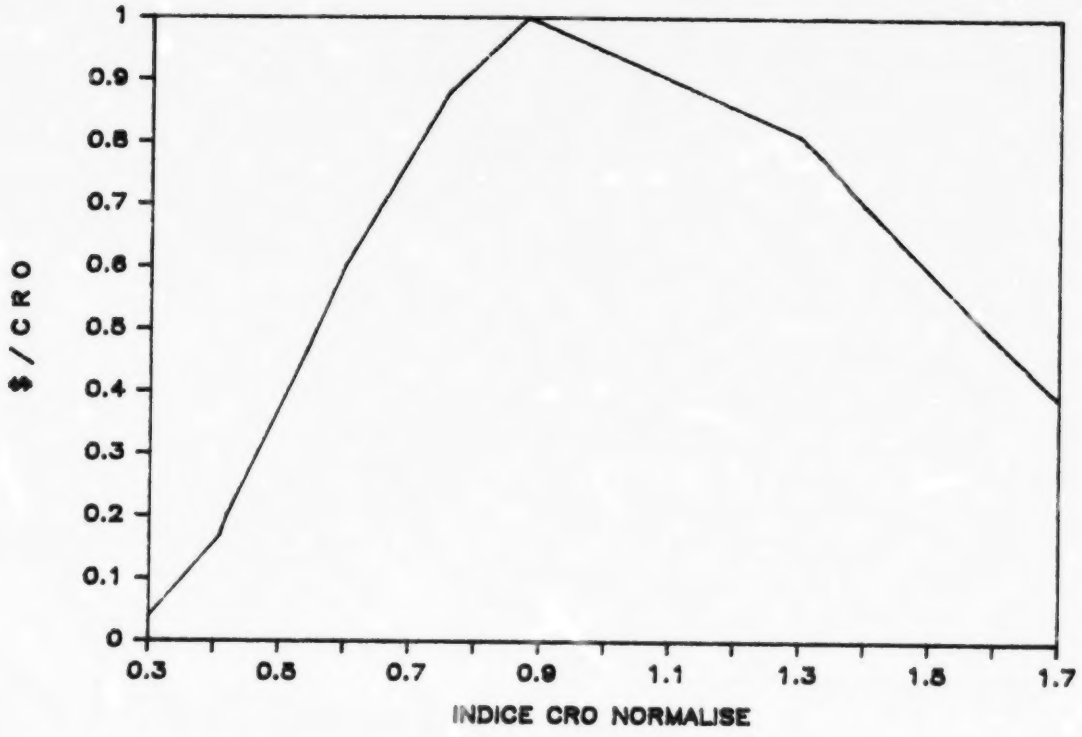
AIR CANADA



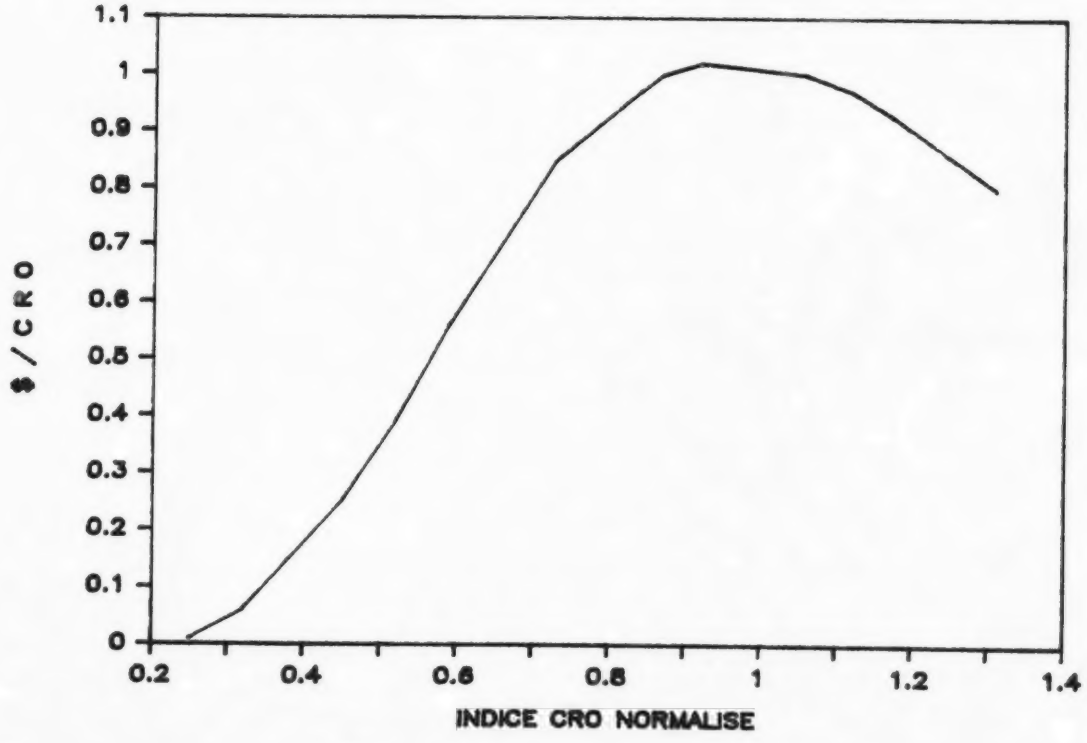
CP AIR



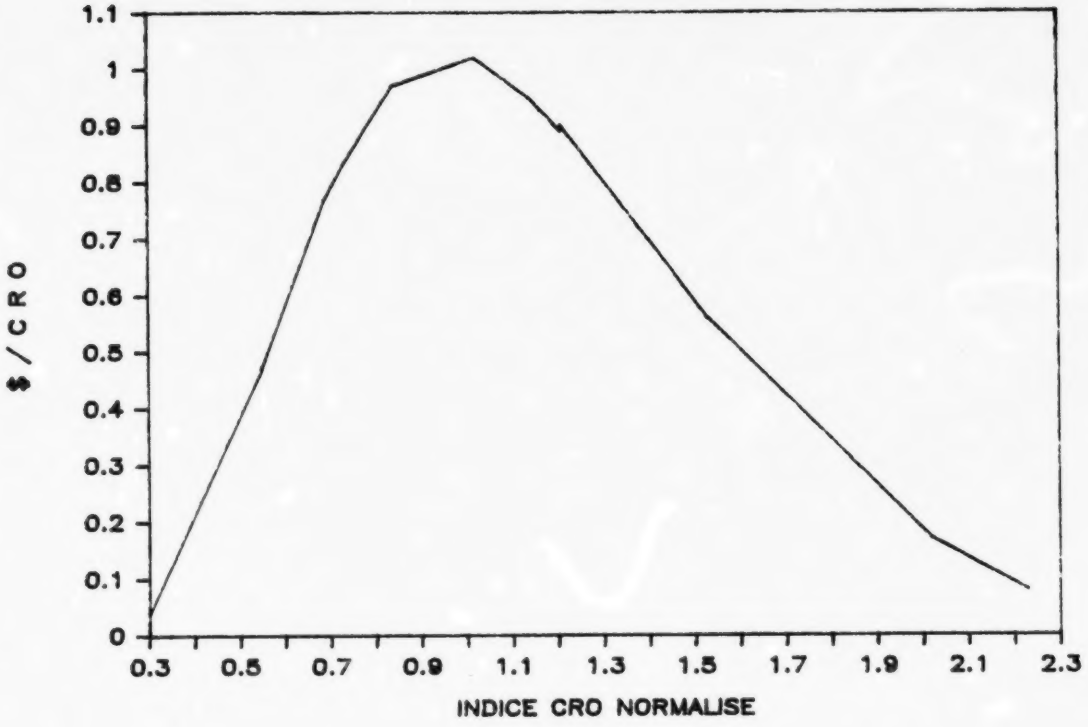
QUEBECAIR



EPA



PWA


$/CRO
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0.3
0.5
0.7
0.9
1.1
1.3
1.5
1.7
1.9
2.1
2.3
INDICE CRO NORMALISE

NORDAIR

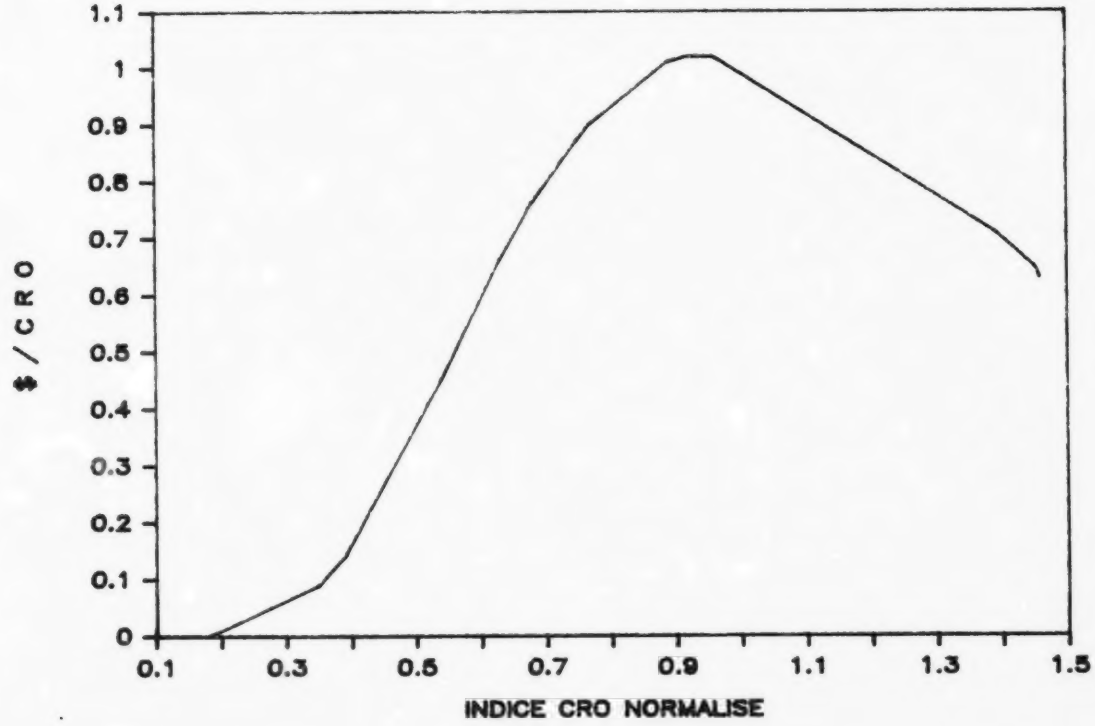
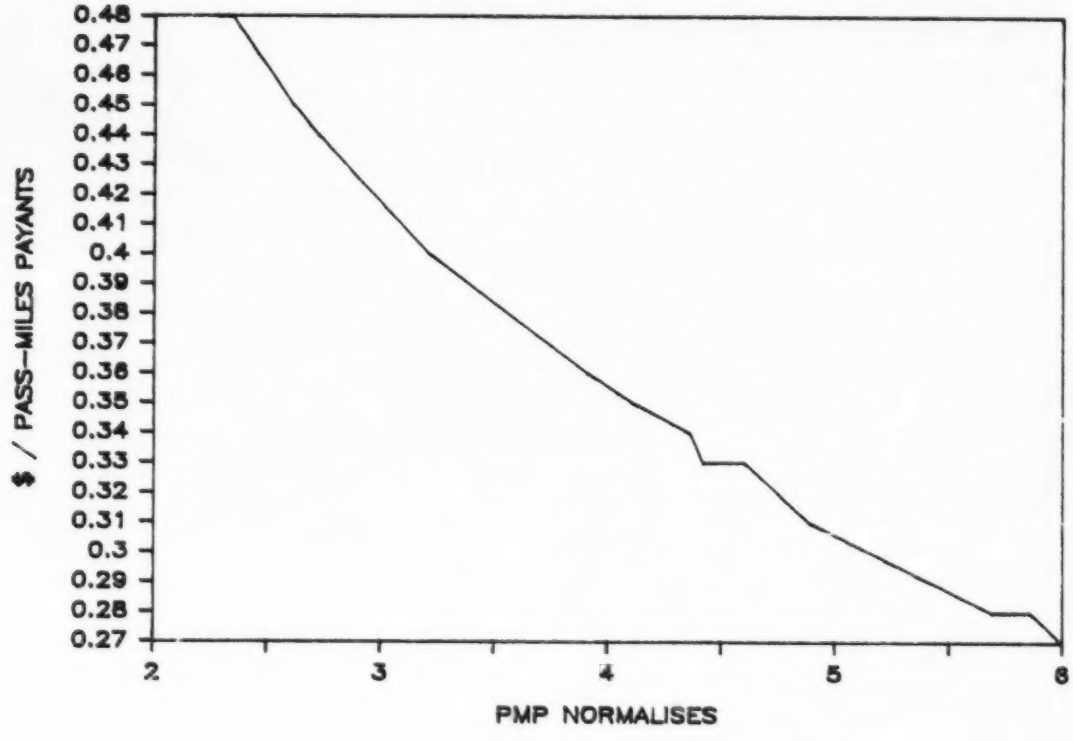

$/CRO
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0.1
0.3
0.5
0.7
0.9
1.1
1.3
1.5
INDICE CRO NORMALISE

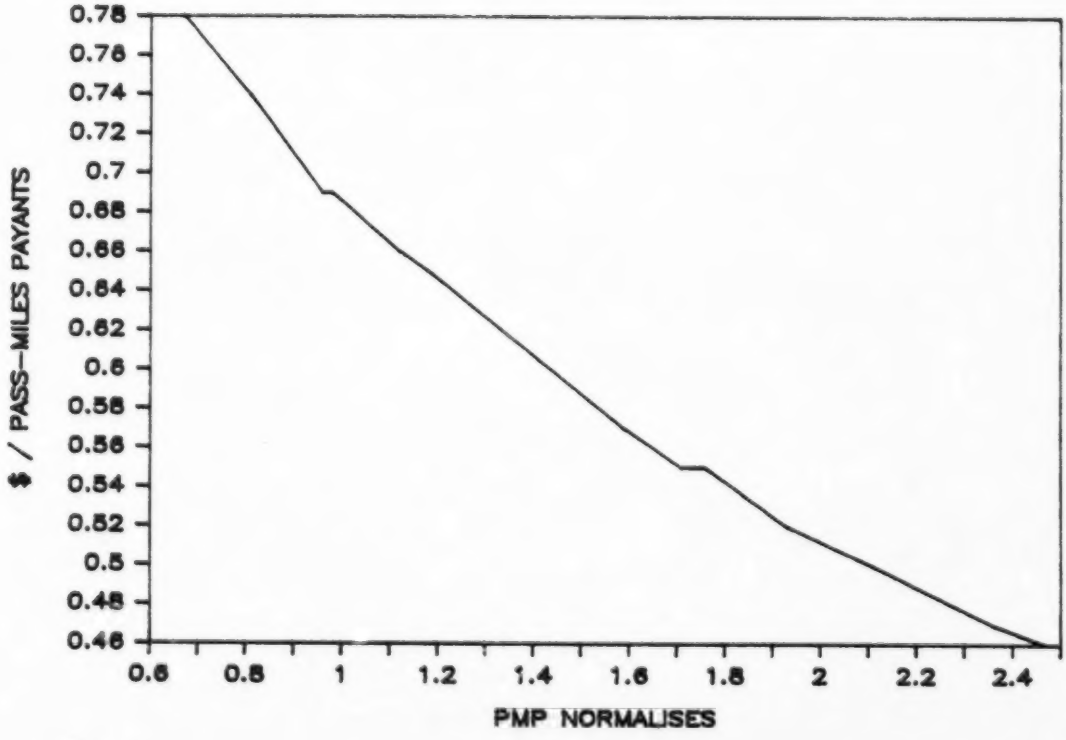
FIGURE A.4.2

C O Û T M A R G I N A L D E S S E R V I C E S D E
P A S S A G E R S P A R C O M P A G N I E A É R I E N N E

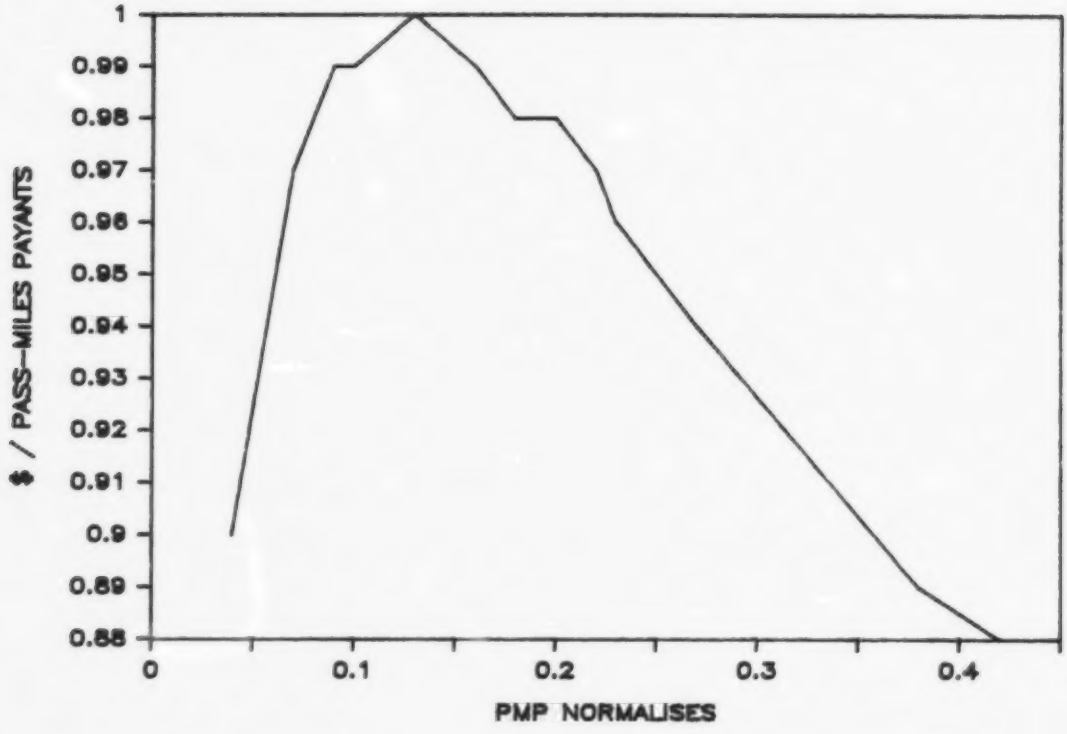
AIR CANADA



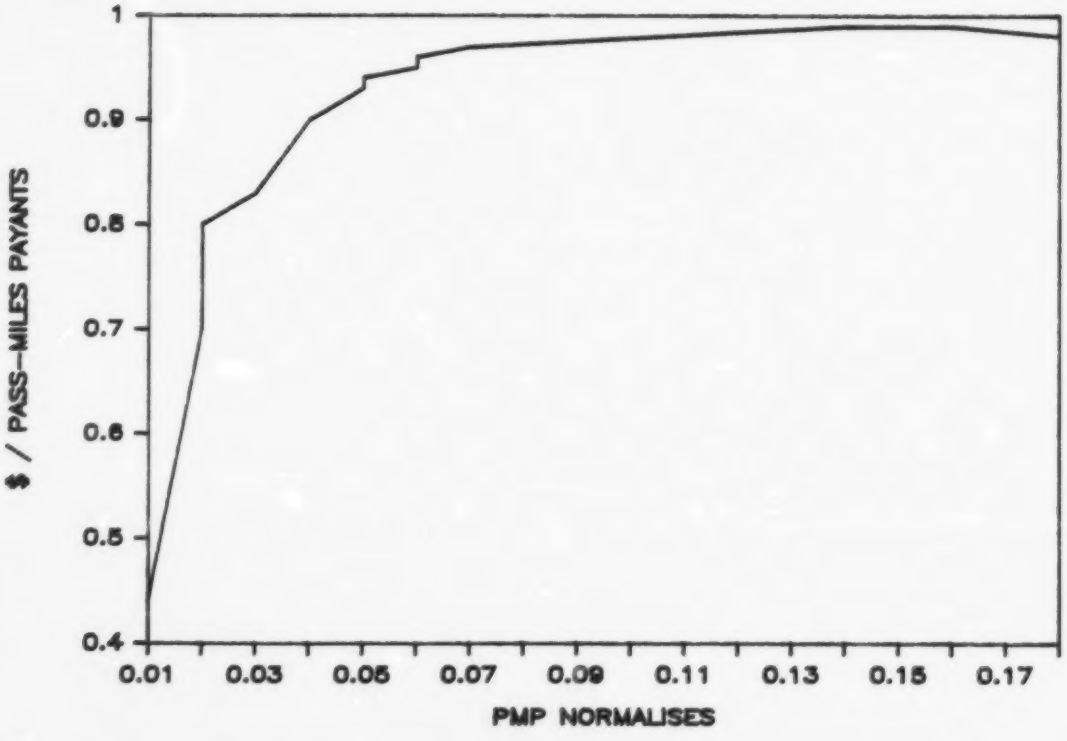
CP AIR



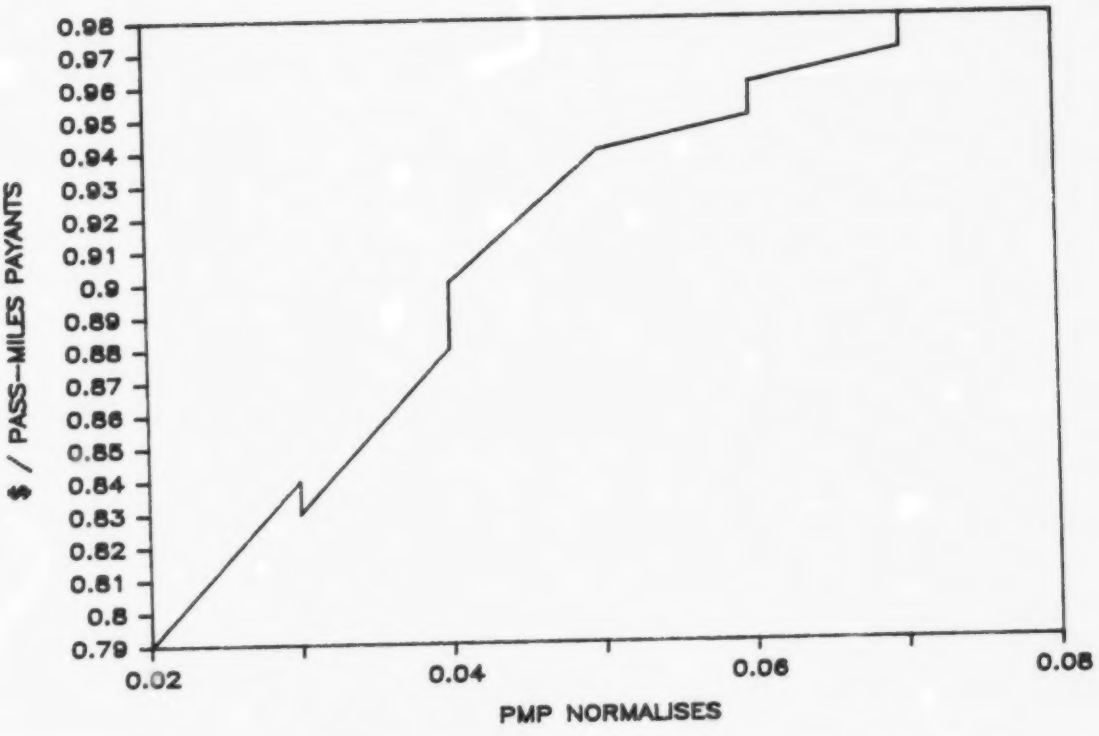
PWA


1
0.99
0.98
0.97
0.96
0.95
0.94
0.93
0.92
0.91
0.9
0.89
0.88
$ / PASS-MILES PAYANTS
0
0.1
0.2
0.3
0.4
PMP NORMALISES

NORDAIR


1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
$ / PASS-MILES PAYANTS
0.01
0.03
0.05
0.07
0.09
0.11
0.13
0.15
0.17
PMP NORMALISES

QUEBECAIR



EPA

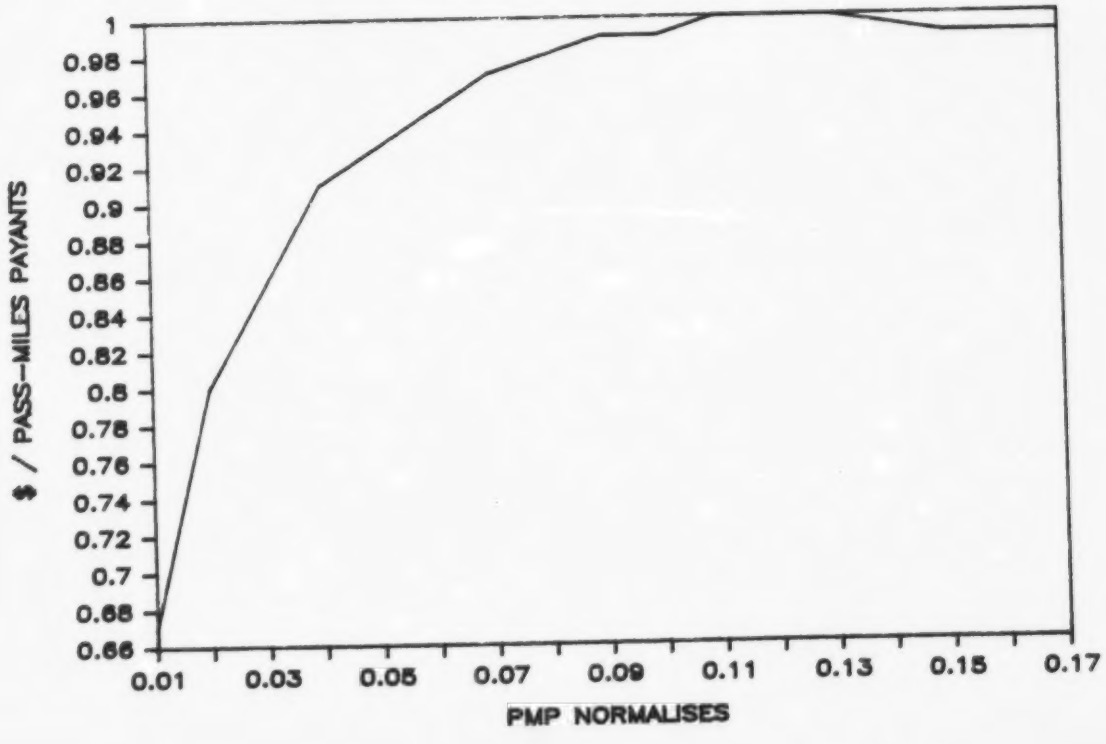
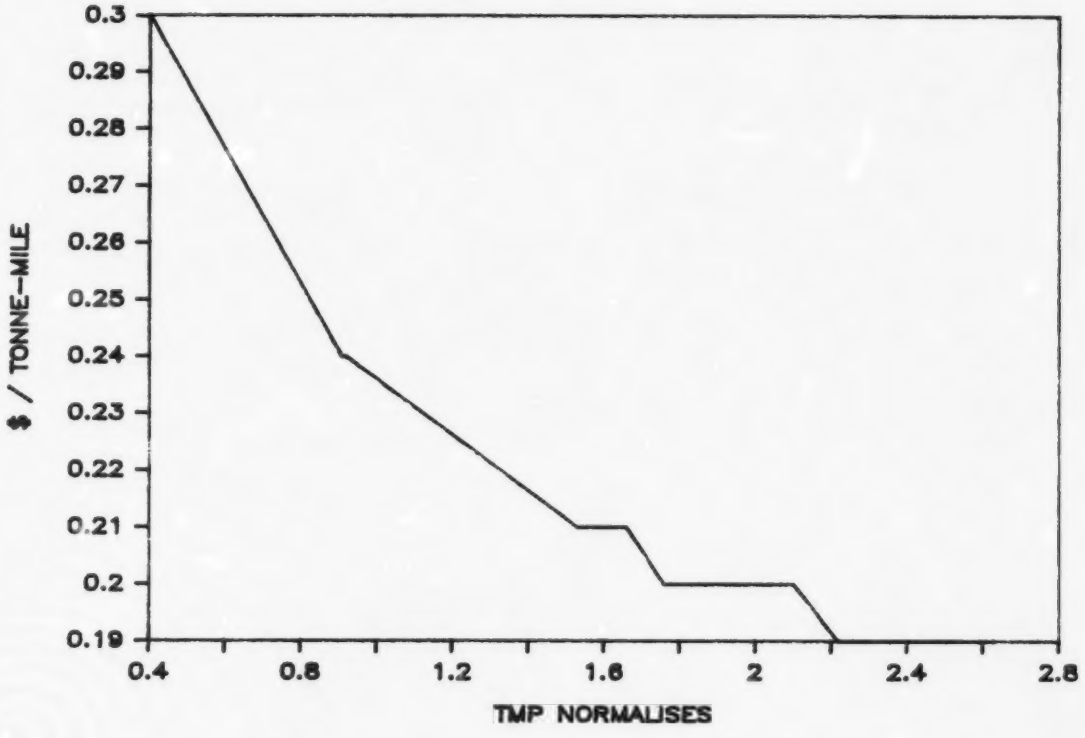


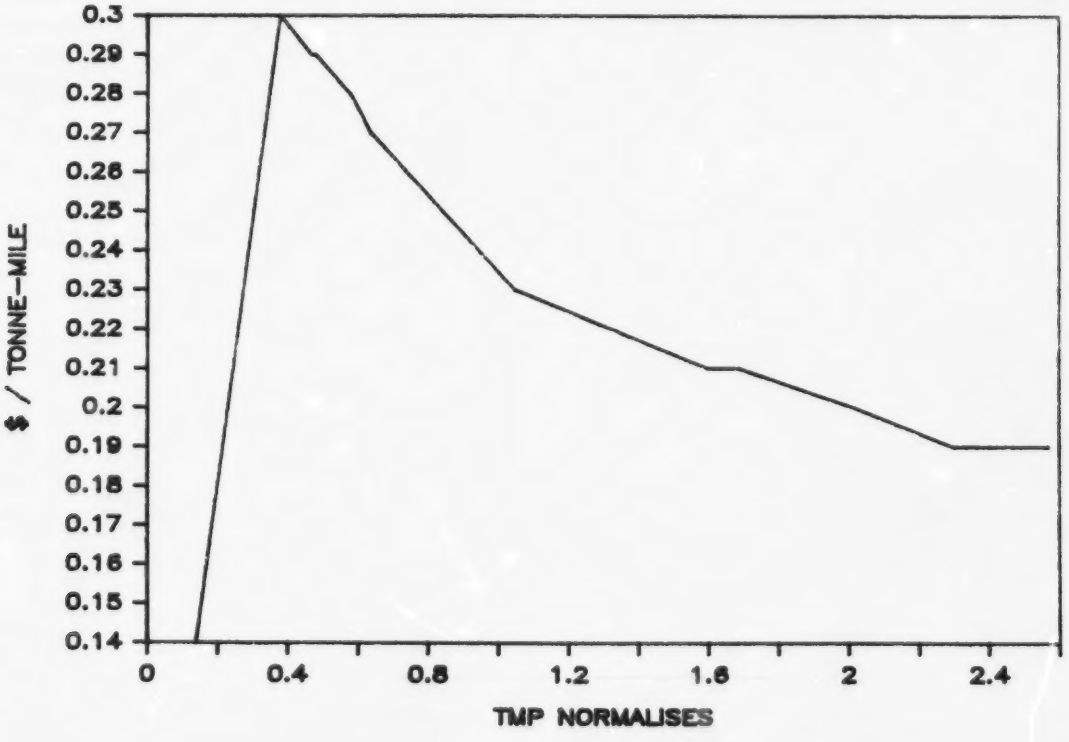
FIGURE A.4.3

C O Û T M A R G I N A L D E S S E R V I C E S
D ' A F F R È T E M E N T P A R C O M P A G N I E
A É R I E N N E

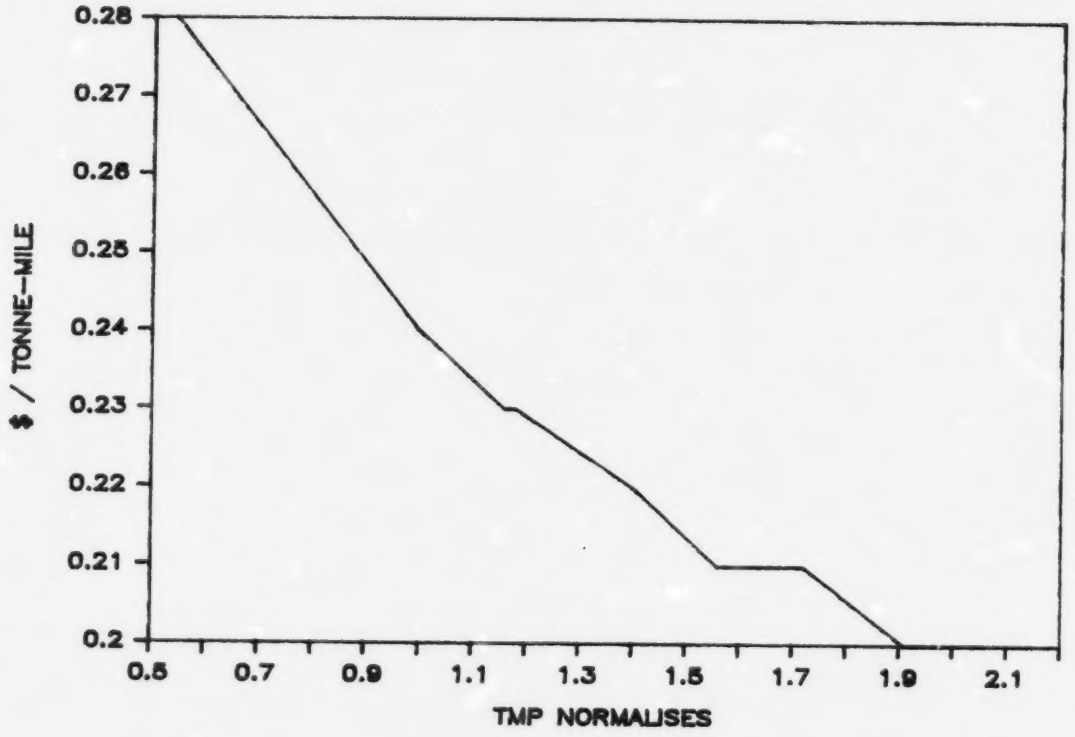
AIR CANADA



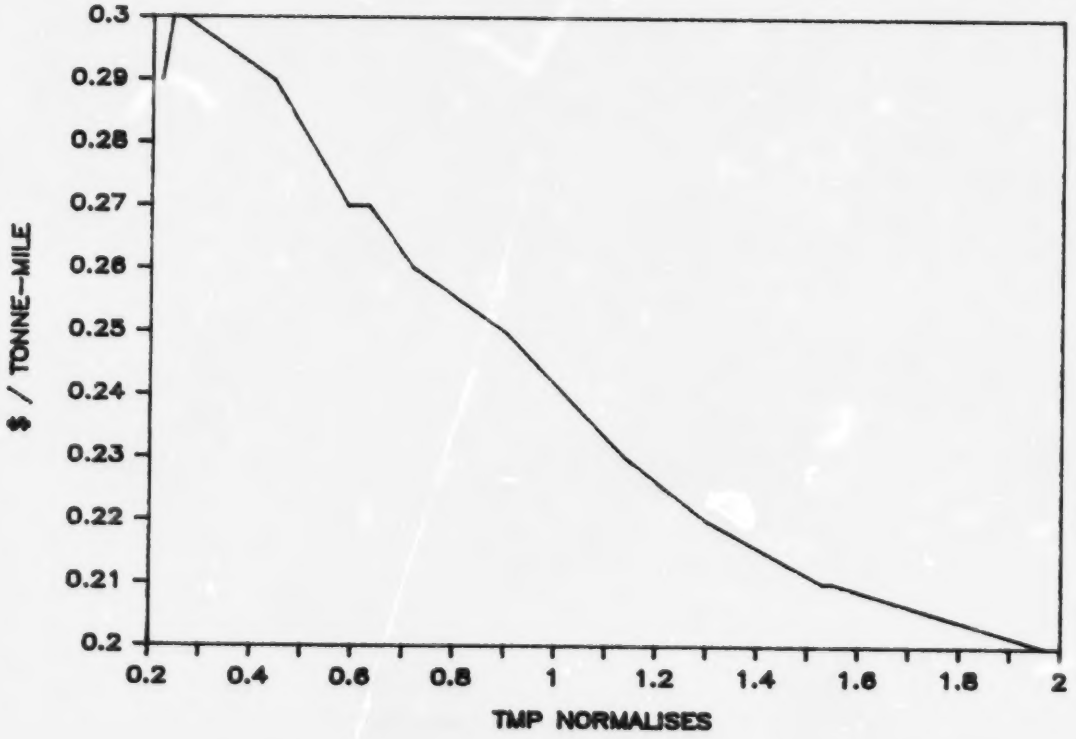
CP AIR



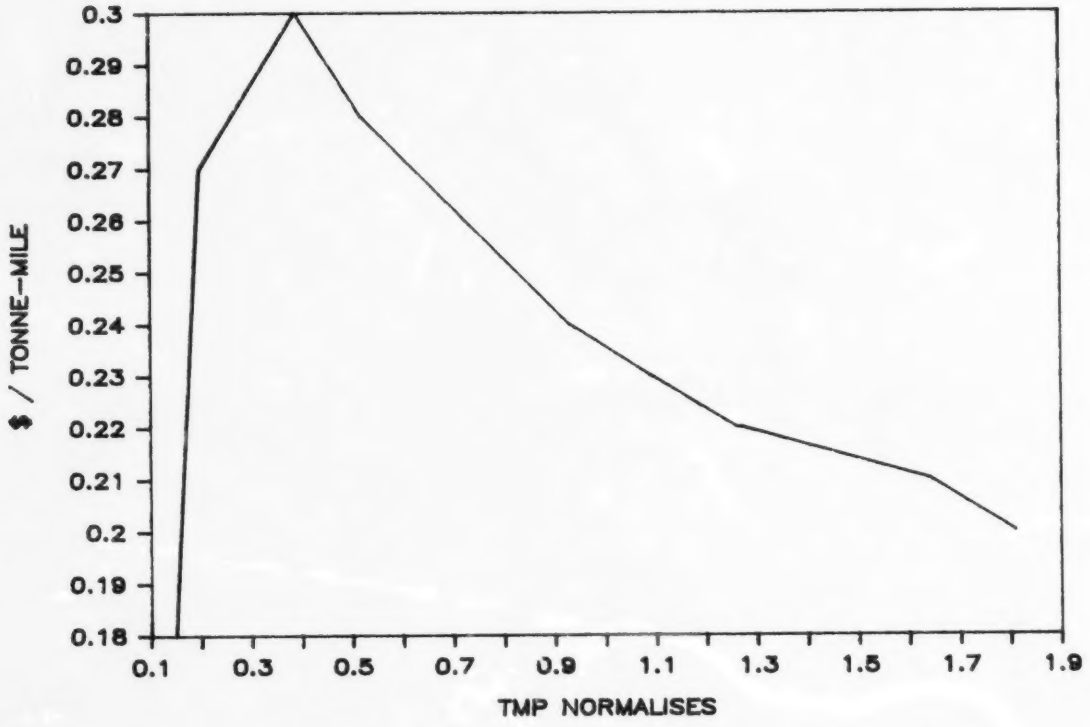
PWA


0.28
0.27
0.26
0.25
0.24
0.23
0.22
0.21
0.2
$ / TONNE-MILE
0.5
0.7
0.9
1.1
1.3
1.5
1.7
1.9
2.1
TMP NORMALISES

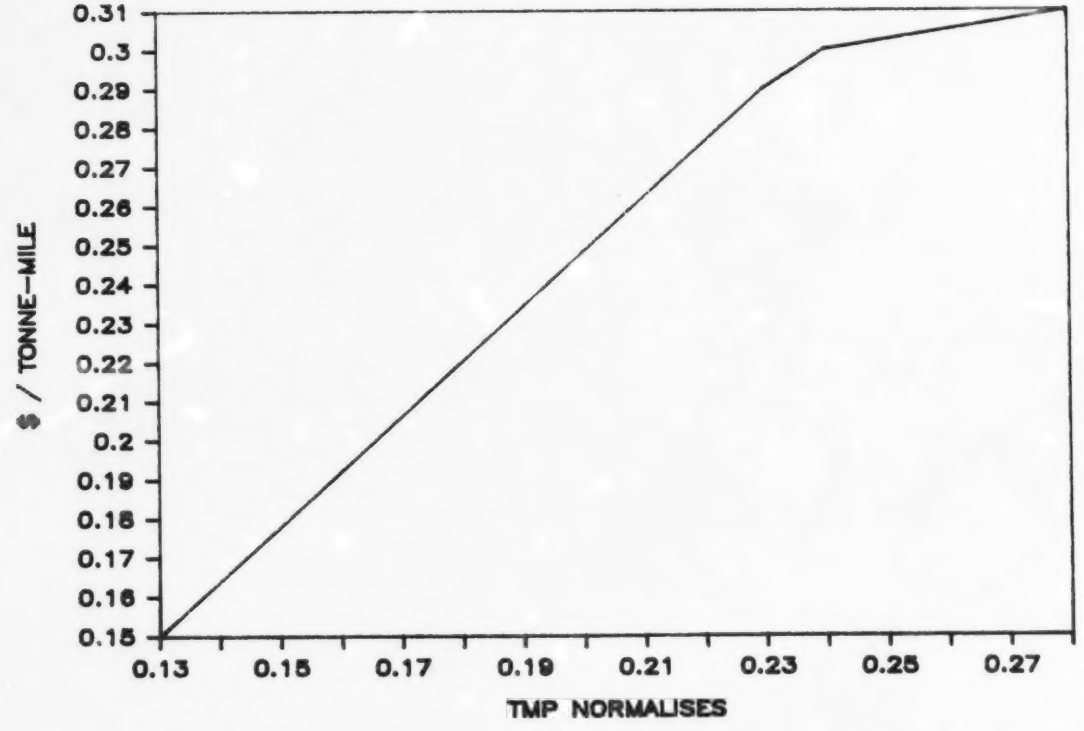
NORDAIR


0.3
0.29
0.28
0.27
0.26
0.25
0.24
0.23
0.22
0.21
0.2
$ / TONNE-MILE
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
TMP NORMALISES

QUEBECAIR



EPA



NOTES

[1] L'hessienne et la matrice des dérivées secondes de la fonction de coût par rapport aux prix des facteurs de production.

[2] Le transport de marchandises n'apparaît pas parce que les paramètres de la fonction de coût ayant servi à calculer le coût marginal n'étaient pas significativement différents de zéro.